



## UNIVERSITE SULTAN MOULAY SLIMANE

**Faculté des Sciences et Techniques  
Béni-Mellal**

Centre d'Etudes Doctorales « Sciences et Techniques »  
Formation Doctorale « Ressources Naturelles, Environnement et Santé »  
En coopération avec le Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la  
Lutte Contre la Désertification, Station de Pisciculture Deroua  
(CNHP, Azrou)

### **THÈSE**

*Présentée par*

**FARID Sana**

Pour l'obtention du grade de

**Docteur**

Spécialité : Biologie

Option : Hydrobiologie et Environnement

**Etude du régime alimentaire de trois espèces de carpes  
(*Hypophthalmichthys molitrix*, *Ctenopharyngodon idella*, *Cyprinus carpio*) du  
stade alevins au stade géniteurs  
dans la Station de Pisciculture Deroua, Maroc.**

*Soutenue le 22 juillet 2015 devant la commission d'examen:*

**Mohammed LOUDIKI**, Professeur à la Faculté des Sciences Semlalia, Marrakech.

**Président**

**Mohammed FEKHAOUI**, Directeur de l'institut scientifique, Rabat.

**Rapporteur**

**Nadia BERDAY**, Professeur à l'institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat.

**Rapporteur**

**Soumaya HAMMADA**, Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques, Béni Mellal.

**Rapporteur**

**Mustapha HASNAOUI**, Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques, Béni Mellal.

**Directeur de thèse**

**Mohammed DROUSSI**, Ex-Chef de la Station de Pisciculture de la Deroua, Fkih Ben Saleh.

**Co-Directeur de thèse**

## AVANT PROPOS

Nom et Prénom de l'auteur : **Sana FARID**

Intitulé du sujet de recherche :

ETUDE DU REGIME ALIMENTAIRE DES TROIS ESPECES DE CARPES  
(*Hypophthalmichthys molitrix*, *Ctenopharyngodon idella*, *Cyprinus carpio*) DU STADE  
ALEVINS AU STADE GENITEURS  
(STATION DE PISCICULTURE DEROUA, PROVINCE FKIH BEN SALEH).

Nom et Prénom du directeur de recherche interne:

Mustapha HASNAOUI, Professeur de l'Enseignement Supérieur-FST Béni Mellal, Maroc.

Laboratoire de Gestion et de Valorisation des Ressources Naturelles

Nom et Prénom du directeur de recherche externe :

Mohammed DROUSSI, Ingénieur en chef principal, Chef de la Station de Pisciculture de la Deroua, Fkih Ben Saleh, Maroc.

Date de commencement de ce travail : Janvier 2010

Les résultats de ce travail ont été l'origine des publications et des communications suivantes :

### Publications

- **S. FARID**, A. OUIZGANE, M.DROUSSI & M. HASNAOUI– 2014 : Etude du contenu du tube digestif des carpes - Station de Pisciculture de la Deroua (Fkih Ben Saleh, Maroc). *Revue ScienceLib Editions Mersenne, France : Vol. 6, N ° 140604, ISSN 2111-4706.*
- **S. FARID**, A. OUIZGANE, M.DROUSSI & M. HASNAOUI. Variabilité saisonnière du poids et de la taille des trois espèces de carpes (Station de Pisciculture de la Deroua, Maroc). **Journal Ecologia Mediterranea (Soumise).**

### Communications nationales et internationales

- ✓ **S. FARID**, A. OUIZGANE, M. DROUSSI et M. HASNAOUI, 2013 - Phytoplancton dans les étangs de grossissement des carpes station de pisciculture de la DEROUA, Béni Mellal - MAROC. *7ème Journées Internationales des Géosciences et de l'Environnement. Béni-Mellal.* 13-15 Novembre 2013.
- ✓ **S. FARID**, A. OUIZGANE, M. DROUSSI et M. HASNAOUI 2013 - Etude du contenu stomacal des carpes. Station de pisciculture de la DEROUA, Béni Mellal - MAROC. *7ème Journées Internationales des Géosciences et de l'Environnement. Béni-Mellal.* 13-15 Novembre 2013.
- ✓ **S. FARID**, M. DROUSSI et M. HASNAOUI, 2013 - Evaluation environnementale des écosystèmes aquatiques dans la région de Tadla – Azilal : Cas des étangs de carpiculture. Station de la Deroua, Béni Mellal. *2<sup>ème</sup> colloque international eau et climat : Regards croisés Nord/Sud sous le thème : Eau : Ressource, risque et développement durable dans les pays de la Méditerranée occidentale''*, Faculté des Lettres et Sciences Humaines Fès-Sais, 27 et 28 Novembre 2013.

- ✓ **S. FARID**, A. OUIZGANE, M. DROUSSI et M. HASNAOUI, 2013 - Etude du contenu du tube digestif des carpes de la station Deroua Béni-Mellal. Maroc. *4<sup>ème</sup> Edition du Congrès International Eaux, Déchets & Environnement (EDE4)*, Faculté des Sciences, Université Ibn Zohr, Agadir. MAROC, 18-20 Décembre 2013.
- ✓ OUIZGANE, **S. FARID**, M. DROUSSI et M. HASNAOUI, 2013 - Etude de la relation prédateur-proie dans les étangs de pisciculture de la DEROUA à Béni Mellal. *7<sup>ème</sup> Journées Internationales des Géosciences et de l'Environnement. Béni-Mellal*. 13-15 Novembre 2013.
- ✓ OUIZGANE, **S. FARID**, M. DROUSSI et M. HASNAOUI, 2013 - Contrôle de la reproduction du *Tilapia niloticus* par le Black bass dans les étangs de pisciculture de la DEROUA de *Béni-Mellal*. *Workshop « Environnement marin et développement durable. Quels enjeux pour demain ? »* Essaouira, 21 et 22 Décembre 2013.
- ✓ **S. FARID**, A. OUIZGANE, M. HASNAOUI et M. DROUSSI, 2014 - Régime alimentaire des carpes dans les étangs de grossissement : Station de pisciculture de la Deroua (Province Fkih Ben Saleh). *Meeting International sur : La Valorisation des ressources en eau dans les zones arides et semi arides*, Béni-Mellal – Maroc. 26-28 Mai 2014.
- ✓ **S. FARID**, A. OUIZGANE, M. DROUSSI et M. HASNAOUI, 2014 - Evaluation des stocks des peuplements phyto et zooplanctoniques dans les étangs d'alevinage de la station de pisciculture de la Deroua (Fkih Ben Saleh, MAROC). *Meeting International sur : La Valorisation des ressources en eau dans les zones arides et semi arides*, Béni-Mellal – Maroc. 26-28 Mai 2014.
- ✓ **S. FARID**, A. OUIZGANE, M. HASNAOUI et M. DROUSSI, 2014 - Variabilité saisonnière du poids et de la taille des trois espèces de carpes (Station de pisciculture de Deroua, Maroc). *Meeting International sur : La Valorisation des ressources en eau dans les zones arides et semi arides*, Béni-Mellal – Maroc. 26-28 Mai 2014.
- ✓ **S. FARID**, A. OUIZGANE, M. DROUSSI et M. HASNAOUI, 2014 - Régime alimentaire des alevins des carpes argentée, heбивore et commune : Station de pisciculture Deroua. Maroc. *Meeting International sur : La Valorisation des ressources en eau dans les zones arides et semi arides*, Béni-Mellal – Maroc. 26-28 Mai 2014.
- ✓ **S. FARID**, M. DROUSSI et M. HASNAOUI, 2014 – Variabilité des paramètres physicochimiques de l'eau des étangs de grossissements de carpes. Station de pisciculture de la Deroua, Fkih Ben Saleh. Maroc. *Première Edition des Journées sur l'environnement : « Tout-uni-vert pour un établissement en vert »*, Faculté Polydisciplinaire, Béni Mellal. 05 Juin 2014.
- ✓ OUIZGANE, **S. FARID**, M. DROUSSI et M. HASNAOUI, 2014 – Suivi de la qualité de l'eau dans les étangs d'élevage du *Tilapia* du Nil en polyculture. Station Deroua, Fkih Ben Saleh. Maroc. *Première Edition des Journées sur l'environnement : « Tout-uni-vert pour un établissement en vert »*, Faculté Polydisciplinaire, Béni Mellal. 05 Juin 2014.
- ✓ **S. FARID**, A. OUIZGANE, M. DROUSSI et M. HASNAOUI, 2014 - Relation descripteurs qualité de l'eau-phytoplancton dans des étangs de grossissement de carpes: station de pisciculture de la Deroua, Fkih Ben Saleh, (Maroc). *Première Edition des Journées Doctoriales : « Recherche Scientifique: Innovation et Développement »*, Faculté des Sciences et Techniques, Béni Mellal. 10 et 11 Juin 2014.
- ✓ OUIZGANE, **S. FARID**, M. DROUSSI et M. HASNAOUI, 2014 - Effet de la densité du *Tilapia niloticus* sur l'équilibre écosystémique en présence du Black-bass dans les étangs de pisciculture de la Deroua, Fkih Ben Saleh. *Meeting International sur : La Valorisation des ressources en eau dans les zones arides et semi arides*, Béni-Mellal – Maroc. 26-28 Mai 2014.
- ✓ OUIZGANE, **S. FARID**, M. DROUSSI et M. HASNAOUI, 2014 - Etude de régime alimentaire du Black-bass dans les étangs de pisciculture de la DEROUA (Fkih Ben Saleh, Maroc). *Meeting International sur : La Valorisation des ressources en eau dans les zones arides et semi arides*, Béni-Mellal – Maroc. 26-28 Mai 2014.
- ✓ OUIZGANE, **S. FARID**, M. DROUSSI et M. HASNAOUI, 2014 – Effet de la densité du Black-bass sur sa reproduction dans les étangs de pisciculture. Station Deroua (Fkih Ben Saleh). *Meeting International sur : La Valorisation des ressources en eau dans les zones arides et semi arides*, Béni-Mellal – Maroc. 26-28 Mai 2014.
- ✓ OUIZGANE, **S. FARID**, M. DROUSSI et M. HASNAOUI, 2014 - Etude de la relation prédateur-proie dans les étangs de la station Deroua – Fkih Ben Saleh. Maroc. *Meeting International sur : La Valorisation des ressources en eau dans les zones arides et semi arides*, Béni-Mellal – Maroc. 26-28 Mai 2014.

## **DEDICACES**

### ***A la mémoire de mon très cher Père Mohammed***

*Avec lequel je n'aurais pas le plaisir de partagé cet événement, mais qui est et qui demeurera dans mon cœur à jamais. J'espère que je saurai à la hauteur des valeurs que tu as semé en nous.*

*Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous.*

*Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être.*

*Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation.*

### ***A ma très chère mère Amina,***

*Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge adulte.*

*Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études. Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.*

*A mon beau père Mustapha, A la mémoire de ma belle mère  
Touriya,*

*A mon cher mari Fouad et mes chers Fils Hamza, Mouad et  
Rayane,*

*A ma chère Sœur Karima,*

*A mon cher frère Adil, son épouse Youssra et leur fils  
Mohammed Reyad,*

*A mes chers frères Youness et Tarik,*

*A mes beaux frères Simohammed, Issam, Kamal et Ahmed,*

*A tous les membres de la famille, petits et grands,*

*Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé, de  
réussite et de sérénité.*

## **REMERCIEMENTS**

*Ce travail est le fruit d'une large collaboration scientifique entre le Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification au Maroc, représentée par la Station de Pisciculture de la Deroua et le laboratoire de Gestion et de Valorisation des Ressources Naturelles de la Faculté des Sciences et Techniques de Béni-Mellal.*

*Mes remerciements vont au **Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification** qui m'a donné l'opportunité de travailler et de réaliser cette thèse au sein de la Station de Pisciculture de la Deroua.*

*Mes remerciements vont également au Professeur **Ahmed ZEGHAL**, Doyen de la Faculté des Sciences et Techniques de Béni Mellal. Qu'il trouve ici l'expression de ma haute considération.*

*J'exprime aussi ma profonde gratitude à Mr. **Mustapha HASNAOUI**, Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques de Béni Mellal, qui a dirigé ce travail de thèse. Je le remercie vivement pour m'avoir entraînée avec enthousiasme et dynamisme dans ses idées florissantes et pour avoir encouragé les miennes, pour sa haute compétence scientifique dont il m'a fait profiter. Il représente pour moi une référence incontournable en Ressources naturelles et Algologie. Sa rigueur et son exigence, ses remarques et conseils avisés, sa disponibilité, sa confiance, son ouverture aux discussions argumentées étaient toujours au profit du bon déroulement et de l'avancement de mon travail au cours de ces cinq années. Je vous dois mon profond respect et ma sincère gratitude.*

*Je tiens à remercier très chaleureusement Mr. **Mohammed DROUSSI**, Ex-chef de la Station de Pisciculture de la Deroua, pour m'avoir ouvert les portes de la Station, il m'a fait profiter de sa grande expérience dans le domaine de la pisciculture. Il n'a jamais hésité à me consacrer une partie de son temps pour discuter mon travail. Pour ma part, je lui adresse un grand merci. Ses qualités humaines et sa compétence scientifique sont pour moi un exemple.*

*Je suis très honoré par la participation du Mr. **Mohammed LOUDIKI**, Professeur à la Faculté des Sciences Semlalia de Marrakech, à ce jury. Je le remercie d'avoir accepté de présider le jury de ma thèse.*

*Je tiens à remercier sincèrement Mme **Nadia BERDAY**, Professeur à l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan 2 de Rabat pour sa gentillesse, ses conseils et son aide précieuse. Qu'elle trouve ici l'expression de ma profonde gratitude et de toute ma reconnaissance. Je la remercie d'avoir accepté d'être rapporteur de cette thèse et de siéger au jury de thèse.*

*Je remercie vivement Mr. **Mohammed FEKHAOUI**, Directeur de l'institut Scientifique de Rabat, qu'il trouve ici le témoignage de ma haute considération. Je le remercie aussi d'avoir accepté d'être rapporteur de cette thèse et membre de jury.*

*Mme **Soumaya HAMMADA**, Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques de Béni Mellal, a accepté avec amabilité d'évaluer mon travail de recherche et me faire part de ses critiques en siégeant parmi les membres de mon jury de thèse. Je vous prie de bien croire à mon profond respect et toute ma gratitude.*

*Je remercie Mr. **Khalid HABBARI**, Vice doyen de la recherche scientifique à la Faculté des Sciences et Techniques de Béni Mellal, pour ses précieux conseils, je voudrais qu'elle trouve ici toute mon émotion et mes marques de reconnaissance et de remerciements.*

*Je remercie infiniment Mr. **A. EL HARTI**, Directeur du Centre d'Etude Doctorale de la Faculté des Sciences et Techniques de Béni Mellal. Qu'il trouve ici le témoignage de ma profonde gratitude.*

*J'adresse mes sincères remerciements à Mr. **A. HADDIOUI**, Responsable du laboratoire Gestion et valorisation des ressources naturelles et Chef du Département de Biologie pour son aide pour la réalisation de ce travail.*

*Je remercie vivement Mr. **A. OUIZGANE**, Doctorant au laboratoire de Gestion et de Valorisation des Ressources Naturelles de la Faculté des Sciences et Techniques de Béni Mellal, pour son aide continue sur terrain et sa disponibilité durant toute la période d'échantillonnage de poissons.*

*Je ne saurais oublier de remercier tous les **membres** de la Station de Pisciculture de la Deroua Fkih Ben Saleh, pour m'avoir apporté leur soutien et leur coopération durant toute la période d'échantillonnage.*

*Mes remerciements les plus vifs sont adressés à tous mes collègues du laboratoire de Gestion et de Valorisation des Ressources Naturelles de la Faculté des Sciences et Techniques de Béni Mellal : **A. KRITHI, K. OUAISSA, S. MERIYEG, S. BATOUI, A. NAJIHE** qui ont pu créer une ambiance gaie et sympathique et des conditions agréables de travail au sein de notre laboratoire.*

# RESUME

---

Ce travail de recherche consiste à étudier les préférences alimentaires de trois espèces de carpes *Hypophthalmichthys molitrix* (carpe argentée : CA), *Ctenopharyngodon idella* (carpe herbivore : CH) et *Cyprinus Carpio* (carpe commune : CC) du stade alevin au stade adulte en relation avec la dynamique des principaux groupes et espèces phyto- et zooplanctoniques et des caractéristiques physico-chimiques de l'eau des étangs de pisciculture de la Deroua (province de Fkih Ben Saleh). Ce régime alimentaire a été étudié en fonction de l'espèce, de la taille, de la saison et du mode d'élevage. L'indice alimentaire de Lauzanne combinant les pourcentages d'occurrence, les volumes et l'indice d'abondance a été utilisé pour évaluer l'importance relative des différents items identifiés.

La première partie a été consacrée à l'étude des alevins ; dynamique des communautés planctoniques en relation avec les paramètres physico-chimiques des étangs, et régime alimentaire.

La qualité des eaux des étangs de la Deroua pendant la période d'étude offre aux alevins un milieu plus favorable à sa survie et sa croissance. Par ailleurs, la diversité et la disponibilité du plancton peuvent renseigner sur les capacités de production des étangs de la Deroua.

Le suivi de la croissance en poids et en taille chez les alevins de trois espèces CA, CH et CC, montre que la croissance de la carpe herbivore et de la carpe commune est très importante que celle de la carpe argentée ; la faible croissance de CA serait probablement liée au vieillissement des étangs d'alevinage de la Deroua d'où les faibles densités en phytoplancton enregistrées.

Le phytoplancton des étangs d'alevinage est représenté surtout par des Chlorococcales (*Coelastrum reticulatum* var. *reticulatum*, *Coelastrum microporum* var. *microporum*, *Scenedesmus protuberans*, *Scenedesmus crassus* et *Scenedesmus serratus*) et des Diatomophycées (*Nitzschia amphibia* et *Navicula veneta*). Le zooplancton est marqué par la présence de Rotifères dominés par *Keratella paludosa*, *Lecane monostyla* et *Trichocera rousseliti* et des Copépodes (*Nauplius* et *Cyclops* sp).

L'étude du régime alimentaire des alevins de carpes montre que les trois espèces dont la taille se situe dans la classe 1, se nourrissent en particulier de Chlorococcales, par la suite les individus de la classe 2 pour les trois espèces consomment préférentiellement les larves de Copépodes et les larves d'insectes. Le régime revient à l'alimentation habituelle au niveau de la classe 3, où les alevins de CA présentent une alimentation dominée par *Scenedesmus crassus* et *Coelastrum reticulatum* var. *reticulatum* et *Nitzschia amphibia*, les alevins de CH consomment en particulier *Spirogyra varians* et *Spirogyra majuscula*, et les alevins de CC se nourrissent principalement des graines de végétaux.

La seconde partie vise à suivre les paramètres physico-chimiques et biologiques des eaux des étangs de productions de carpillons, et à étudier les préférences alimentaires des trois espèces de carpillons.

Nous déduisons des résultats que l'association de plusieurs espèces de carpe dans un étang de production de carpillons et en climat semi-aride à un effet bénéfique sur la structure des communautés phytoplanctoniques puisque chaque espèce agissant à un niveau différent du réseau trophique. Ainsi les espèces de carpe présentes exploitent au maximum les ressources du milieu.

L'étude saisonnière du régime alimentaire des carpillons de CA montre qu'en polyculture ((CA+CH+CC) et (CA+CH)) ou en monoculture CA, cette espèce présente une préférence alimentaire aux *Coelastrum microporum* var. *microporum*, *Pediastrum simplex* var. *strumii* et *Scenedesmus protuberans*. Quant aux carpillons de CH, le suivi a permis de constater que ce poisson consomme essentiellement du *Ceratophyllum submersum* et du *Chara vulgaris*. Les graines de végétaux et les détritiques constituent pour les carpillons de CC les items alimentaires les plus consommés et les plus fréquents dans les contenus des tubes digestifs analysés.

La troisième partie traite la structure de la communauté planctonique en relation avec la disponibilité des éléments nutritifs dans l'étang de grossissement des géniteurs de carpes et traite aussi les préférences alimentaires de ces poissons.

L'étude des paramètres physico-chimiques de l'étang de grossissement des géniteurs de carpes prouvent que ces étangs sont un écosystème favorable à la prolifération d'une communauté diversifiée composée surtout par des Chlorococcales, des Desmidiacées et des Diatomophycées.



Le suivi bimensuel de la croissance des géniteurs de carpes montre que l'élevage, dans un même étang de plusieurs espèces de poissons présentant des régimes alimentaires différents, semble constituer une technique de gestion intéressante permettant une amélioration de la production piscicole.

L'analyse des résultats du régime alimentaire des géniteurs de carpes a permis de constater que *Pediastrum simplex* var. *sturmii*, *Scenedesmus protuberans* et *Nitzschia linearis* sont les aliments les plus consommés par les géniteurs de CA, *Ceratophyllum submersum*, *Chara vulgaris*, *Spirogyra majuscula*, *Spirogyra varians* et le gazon sont par ordre d'importance les aliments les plus consommés et les plus digérés par les géniteurs de CH, alors que les géniteurs de CC présentent une préférence alimentaire pour les graines de végétaux et les larves d'insectes. Ces dernières espèces de poisson montre en cas de faible abondance des aliments préférés une consommation de matière organique partiellement dégradée (*Ceratophyllum submersum* et *Chara vulgaris*) et de détritus.

**Mots clés :** carpe argentée, carpe herbivore, carpe commune, alevins, carpillons, géniteurs, phytoplancton, zooplancton, macrophyte, mode d'élevage, classe de taille, préférence alimentaire.

# ABSTRACT

---

This research is aiming to study the feeding habits and preferences of three species of carps: *Hypophthalmichthys molitrix* (silver carp, SC), *Ctenopharyngodon idella* (grass carp, GC) and *Cyprinus Carpio* (Common Carp, CC) from fry stage to the adult stage in relationship with dynamics of the main groups and phyto and zooplankton species based on physical and chemical characteristics of water in fish ponds of Deroua Fisheries Station (Fkih Ben Saleh province). The diet has been studied and related to species size, season and type of rearing method. The food index Lauzanne combining the occurrence, volumes and the abundance index was used to assess the relative importance of different food items identified in the fish gut.

*The first part of this research* was devoted to the study of fry behavior related to the dynamics of plankton communities, pond water physical and chemical parameters and to the feeding habits of the fry.

The water quality of the ponds of the Deroua Fisheries Station during the study period assured to the fry a suitable environment for their survival and growth. Moreover, the diversity and availability of plankton has provided a precise information on biogenic capacity production of the Deroua Fisheries ponds.

Growth data (weight and size) of the fry of the three species (SC, GC and CC) have showed that the growth of grass carp and common carp was higher than that of silver carp; the reduced growth of SC fry was most probably related to aging of the nursery ponds, where low densities of phytoplankton were recorded.

Phytoplankton communities of the nursery ponds was mainly represented by Chlorococcales (*Coelastrum reticulatum* var. *Reticulatum*, *Coelastrum microporum* var. *Microporum*, *Scenedesmus protuberans*, *Scenedesmus crassus* and *Scenedesmus serratus*) and Diatomophyceae (*Nitzschia amphibia* and *Navicula veneta*). Zooplankton communities were represented mainly by the rotifers group where *Keratella paludosa*, *Lecane monostyla* and *Trichocera rousseliti* were the main species of this group. Copepods (*Cyclops sp* and *Nauplius*) were also present to a lesser level in these ponds.

The study of the feeding habits of carp fry shows that the all the 3 species feed, feed especially on the Chlorococcales during the first stage of their life and subsequently they feed on the copepod larvae and insect larvae. Later on, fingerling of SC feed mainly on phytoplankton especially on *Scenedesmus crassus* and *Coelastrum reticulatum* var. *reticulatum* and *Nitzschia amphibia*, GC fingerling feed on macrophytes especially *Spirogyra varians* and *Spirogyramajuscula*, and CC fingerling feed mainly feed on plant seeds.

*The second part of this thesis* was devoted to the study of the physical, chemical and biological parameters of fingerling rearing ponds water, and the food preferences of the fingerling of three species.

We concluded that the combination of several carp species in a single pond in a semi-arid climate has a positive effect on the structure of phytoplankton communities since each species is acting at different levels of the food web. Thus these three carp species stocked in a water body in semi aride climate would make a best use of the existing food web.

The seasonal study of the diet of SC fingerling shows that either in polyculture (GC + SC + CC) and (SC + GC) or in monoculture (SC), this species has a preference to feed on *Coelastrum microporum* var. *microporum*, *Pediastrum simplex* var. *strumii* and *Scenedesmus protuberans* whereas fingerlings of GC, consume mainly *Ceratophyllum submersum* and *Chara vulgaris*. Plant seeds and organic matter were the main food items found in the digestif gut of CC fingerlings.

*The third part of this thesis* deals with the structure of plankton communities in the brood stock rearing ponds and also addresses the food preferences of these fish.

The study of physical and chemical parameters of the carp brood stock ponds has shown that these ponds are a favorable ecosystem to the proliferation of a diverse community of phytoplankton mostly to *Chlorococcales*, *Desmidiaceae* and *Diatomophyceae*.

The bimonthly analysis of different parameters has shown that the polyculture in a single pond of several fish species with different food habits appears to be an interesting management technique to enhance fish production.

Analysis of the diet of carp brood fish has shown that *Pediastrum simplex* var. *strumii*, *Scenedesmus protuberans* and *Nitzschia linearis* are the most food items consumed by SC brood fish, *Ceratophyllum submersum*, *Chara vulgaris*, *Spirogyra majuscula*, *Spirogyra varians* and turf are in order of importance the most food consumed and digested by GC brood, while CC brood fish have a preference for food plant seeds and insect larvae. The CC brood fish has shifted in the case of low food abundance, to consume *Ceratophyllum submersum* and *Chara vulgaris* and organic matter which was found partially digested in its gut.

**Key words:** Silver carp, Grass carp, common carp, fry, fingerling, brood fish, phytoplankton, zooplankton, macrophyte, rearing mode, class size, food preferences.

## *LISTE DES FIGURES*

---

Figure 1: Composition de la production aquacole mondiale par milieu de culture (FAO, 2012). .....	5
Figure 2 : Production aquacole des principales espèces ou des principaux groupes d'espèces d'eau douce en 2010 (FAO, 2012). .....	6
Figure 3: Evolution de la production des carpillons à la station de la Deroua de 1990 à 1997 (Droussi, 1998).....	8
Figure 4: Cycle biologique de l'étang (Arrignon, 1976). .....	10
Figure 5: Variations des écaillages chez <i>Cyprinus carpio</i> selon Kirpichnikov (1981).....	22
Figure 6 : Courbe de croissance de <i>Cyprinus carpio</i> (Timmermans 1989) .....	25
Figure 7 : Diagramme de Woker présentant la répartition des formes $\text{NH}_3^+$ et $\text{NH}_4^+$ en fonction du pH et de la température.....	28
Figure 8: Mécanismes de la photosynthèse (Trintignac, 1998). .....	29
Figure 9 : Cycle de l'azote en étangs (Beaupied, 1980). .....	31
Figure 10 : Cycle du phosphore dans un écosystème aquatique (Moutin, 1992). .....	32
Figure 11 : Relations trophiques et le flux d'énergie au sein de la chaîne alimentaire classique et de la boucle microbienne.....	36
Figure 12 : Situation géographique de la station de pisciculture de la Deroua .....	39
Figure 13 : Localisation réelle des étangs d'alevinage étudiés, station de pisciculture de la Deroua. ....	40
Figure 14 : Evolution spatiale des caractéristiques physicochimiques des étangs A1, A4 et B5 d'alevinage.....	50
Figure 15 : Evolution spatiale des caractéristiques physicochimiques des étangs F3, F5 et A2 .....	51
Figure 16 : Evolution spatiale des caractéristiques physicochimiques de l'étang C2 d'alevinage de la carpe commune.....	52
Figure 17 : Importance relative de l'abondance des différents groupes planctoniques observés au cours de l'étude dans les trois étangs d'alevinage de la carpe argentée : 13 mai 2013 (1) et 28 mai 2013 (2). ..	54
Figure 18 : Importance relative de l'abondance des différents groupes planctoniques observés au cours de l'étude dans les trois étangs d'alevinage de la carpe argentée : 03 juin 2013 (3) et 11 juin 2013 (4). .....	55
Figure 19 : Importance relative de l'abondance des différents groupes planctoniques observés au cours de l'étude dans trois étangs d'alevinage de la carpe herbivore en 13 mai 2013 (1') et en 28 mai 2013 (2').....	57
Figure 20 : Importance relative de l'abondance des différents groupes planctoniques observés au cours de l'étude dans les étangs d'alevinage de la carpe herbivore F3 et F5 en 03 juin 2013 (3') et dans l'étang F3 d'alevinage de la carpe herbivore en 11 juin 2013 (4'). .....	58
Figure 21 : Importance relative de l'abondance des différents groupes planctoniques observés au cours de l'étude dans l'étang C2 d'alevinage de la carpe commune : 13 mai 2013 (1'') et 28 mai 2013 (2''). .....	58
Figure 22 : Evolution de la taille moyenne, minimale et maximale des alevins de la carpe argentée (CA).....	60
Figure 23 : Evolution du poids moyen, minimal et maximal des alevins de la carpe argentée (CA). .....	61
Figure 24 : Evolution de la taille moyenne, minimale et maximale des alevins de la carpe herbivore (CH).....	61
Figure 25 : Evolution du poids moyen, minimal et maximal des alevins de la carpe herbivore (CH). .....	62
Figure 26 : Evolution de la taille moyenne, minimale et maximale des alevins de la carpe commune (CC).....	62
Figure 27 : Evolution du poids moyen, minimal et des alevins de la carpe commune (CC) au cours de la période d'alevinage 2013. ....	63
Figure 28 : Variations de l'importance relative (indices volumétriques IV) en fonction de la taille des différentes proies consommées par les alevins de la carpe argentée capturées des étangs A1, A4 et B5.....	69
Figure 29 : Variations de l'importance relative (indices volumétriques Iv) en fonction de la taille des différentes proies consommées par les alevins de la carpe herbivore capturées des étangs A2, F3 et F5. ....	73
Figure 30 : Variations de l'importance relative (indices volumétriques Iv) en fonction de la taille des différentes proies consommées par les alevins de la carpe commune capturées de l'étang C2.....	74
Figure 31 : Variation des paramètres physiques pris en compte dans les étangs A1, A2 et B2. ....	77
Figure 32 : Variation des nitrites, nitrates et orthophosphates dans les étangs A1, A2 et B2. ....	79
Figure 33 : Variation temporelle de la densité planctonique au niveau de l'étang A1 d'alevinage de la carpe argentée. ....	82

Figure 34 : Variation temporelle de la densité planctonique au niveau de l'étang B2 d'alevinage de la carpe herbivore.....	83
Figure 35 : Variation temporelle de la densité planctonique au niveau de l'étang A2 d'alevinage de la carpe commune. ....	84
Figure 36 : Evolution de la taille moyenne, minimale et maximale des alevins de la carpe argentée (CA).....	87
Figure 37 : Evolution du poids moyen, minimal et maximal des alevins de la carpe argentée (CA). ....	87
Figure 38 : Evolution de la taille moyenne, minimale et maximale des alevins de la carpe herbivore (CH). ....	88
Figure 39 : Evolution du poids moyen, minimal et maximal des alevins de la carpe herbivore (CH). ....	89
Figure 40 : Evolution de la taille moyenne, minimale et maximale des alevins de la carpe commune (CC). ....	89
Figure 41 : Evolution du poids moyen, minimal et maximal des alevins de la carpe commune (CC). ....	90
Figure 42 : Relation du poids moyen – Longueur standard des alevins de la carpe argentée (CA), de la carpe herbivore (CH) et de la carpe commune (CC). ....	91
Figure 43 : Les indices d'occurrence (Io), d'abondance (Iab), volumétrique (IV) et alimentaire (IA) en pourcentage des groupes d'items proies dans les contenus des tubes digestifs des alevins de la carpe argentée, en fonction de la taille. ....	94
Figure 44 : Les indices d'occurrence (Io), d'abondance, volumétrique (IV) et alimentaire (IA) en pourcentage des groupes d'items proies dans les contenus des tubes digestifs des alevins de la carpe herbivore, en fonction de la taille. ....	95
Figure 45 : Les indices d'occurrence (Io), d'abondance, volumétrique (IV) et alimentaire (IA) en pourcentage des groupes d'items proies dans les contenus des tubes digestifs des alevins de la carpe commune, en fonction de la taille. ....	97
Figure 46 : Comparaison de la proportion animale-végétale exprimée par l'indice alimentaire dans le régime alimentaire des alevins de la carpe argentée (CA), la carpe herbivore (CH) et la carpe commune (CC). ....	100
Figure 47 : Situation géographique du site d'étude et localisation réelle des étangs de grossissements étudiés, station de pisciculture de la Deroua.....	106
Figure 48 : Evolution mensuelle des paramètres physiques dans des étangs de production de carpillons en fonction du mode d'élevage. ....	109
Figure 49 : Variation mensuelle des paramètres chimiques dans des étangs de production de carpillons en fonction du mode d'élevage. ....	111
Figure 50 : Variation mensuelle de la densité planctonique moyenne en polyculture (CA+CH+CC). ....	118
Figure 51 : Variation mensuelle de la densité planctonique moyenne en élevage (CA+CH). ....	119
Figure 52 : Variation mensuelle de la densité planctonique moyenne en monoculture (CA). ....	120
Figure 53 : Variation du poids moyen de la carpe argentée (CA), de la carpe herbivore (CH) et de la carpe commune (CC) selon le mode d'élevage.....	130
Figure 54 : Variation de la taille moyenne de la carpe argentée (CA), de la carpe herbivore (CH) et de la carpe commune (CC) selon le mode d'élevage. ....	131
Figure 55 : Evolution du poids en fonction de la longueur standard chez la carpe argentée en polyculture (CA+CH+CC) (A), en élevage (CA+CH) (B) et en monoculture (C). ....	132
Figure 56 : Evolution du poids en fonction de la longueur standard chez la carpe herbivore en polyculture (CA+CH+CC) (A) et en élevage (CA+CH) (B). ....	133
Figure 57 : Evolution du poids en fonction de la longueur standard chez carpe commune (CC) en polyculture (CA+CH+CC). ....	134
Figure 58 : Evolution saisonnière du facteur de condition de la carpe argentée (CA) selon le mode d'élevage. ....	135
Figure 59 : Evolution saisonnière du facteur de condition de la carpe herbivore (CH) selon le mode d'élevage. ....	135
Figure 60 : Evolution saisonnière du facteur de condition de la carpe commune (CC) selon le mode d'élevage. ....	136
Figure 61 : Evolution du poids moyen et de la taille moyenne de la carpe argentée, la carpe herbivore et la carpe commune (Elevage CA+CH+CC). ....	142
Figure 62 : Evolution du poids moyen et de la taille moyenne de la carpe argentée et la carpe herbivore (Elevage CA+CH). ....	143
Figure 63 : Evolution du poids moyen et de la taille moyenne de la carpe argentée en monoculture. ....	144
Figure 64 : Evolution du Poids moyen et de la taille moyenne de la carpe argentée en trois modes d'élevage. ....	145

Figure 65 : Indice d'abondance (Iab) des grands groupes d'items proies dans les contenu des tubes digestifs des carpes argentées(A), des carpes herbivores (B) et des carpes communes (C) en 3 modes d'élevage (CA+CH+CC), (CA+CH) et CA capturées entre mars et juin 2013. ....	148
Figure 66 : Variations saisonnières de la vacuité chez Hypophtalmichthys molitrix (CA).....	151
Figure 67 : Variations saisonnières de la vacuité chez Ctenopharyngodon idella (CH). ....	152
Figure 68 : Evolution mensuelle des indices d'occurrence (Io), d'abondance (Iab), volumétrique (IV) et alimentaire (IA) en pourcentage des groupes d'items proies dans les contenus des tubes digestifs des carpillons de la carpe argentée en polyculture (CA+CH+CC). ....	154
Figure 69 : Evolution mensuelle des indices d'occurrence (Io), d'abondance (Iab), volumétrique (IV) et alimentaire (IA) en pourcentage des groupes d'items proies dans les contenus des tubes digestifs des carpillons de la carpe argentée en élevage (CA+CH). ....	156
Figure 70 : Evolution mensuelle des indices d'occurrence (Io), d'abondance (Iab), volumétrique (IV) et alimentaire (IA) en pourcentage des groupes d'items proies dans les contenus des tubes digestifs des carpillons de la carpe argentée en monoculture CA. ....	157
Figure 71 : Evolution mensuelle des indices d'occurrence (Io), d'abondance (Iab), volumétrique (IV) et alimentaire (IA) en pourcentage des groupes d'items proies dans les contenus des tubes digestifs des carpillons de la carpe herbivore en polyculture (CA+CH+CC). ....	159
Figure 72 : Evolution mensuelle des indices d'occurrence (Io), d'abondance (Iab), volumétrique (IV) et alimentaire (IA) en pourcentage des groupes d'items proies dans les contenus des tubes digestifs des carpillons de la carpe herbivore en élevage (CA+CH). ....	161
Figure 73 : Evolution mensuelle des indices d'occurrence (Io), d'abondance (Iab), volumétrique (IV) et alimentaire (IA) en pourcentage des groupes d'items proies dans les contenus des tubes digestifs des carpillons de la carpe commune en polyculture (CA+CH+CC). ....	163
Figure 74 : Pourcentage d'abondance (Iab) des grands groupes d'items proies en fonction de la saison et du mode d'élevage dans les contenus des tubes digestifs de la carpe argentée (Hypophtalmichthys molitrix).....	164
Figure 75 : Pourcentage d'abondance (Iab) des grands groupes d'items proies en fonction de la saison et du mode d'élevage dans les contenus digestifs de la carpe herbivore (Ctenopharyngodon idella). ....	165
Figure 76 : Pourcentage d'abondance (Iab) des grands groupes d'items proies en fonction des saisons dans les contenus digestifs de la carpe commune (Cyprinus carpio). ....	166
Figure 77 : Localisation réelle de l'étang de grossissement étudié au niveau de la station de pisciculture de la Deroua. ....	172
Figure 78 : Variation mensuelle des paramètres physico-chimiques dans l'étang D2 de grossissement des géniteurs. ....	174
Figure 79 : Evolution mensuelle de la structure du peuplement du phytoplancton dans l'étang de grossissement des géniteurs de la carpe argentée (D2). ....	179
Figure 80 : Evolution mensuelle des groupes zooplanctoniques au niveau de l'étang D2. ....	180
Figure 81 : Evolution bimensuelle de la structure du peuplement phytoplanctonique dans l'étang de grossissement des géniteurs de la carpe argentée après déversement de la carpe herbivore et la carpe commune (D2). ....	181
Figure 82 : Croissance en longueur et en poids des géniteurs de la carpe argentée ....	188
Figure 83 : Croissance en longueur et en poids des géniteurs de la carpe herbivore ....	189
Figure 84 : Croissance en longueur et en poids des géniteurs de la carpe commune ....	189
Figure 85 : Les indices d'occurrence (Io), d'abondance (Iab), volumétrique (IV) et alimentaire (IA) en pourcentage des groupes d'items proies dans les contenus des tubes digestifs des géniteurs de la carpe argentée, en fonction de la taille. ....	194
Figure 86 : Les indices d'occurrence (Io), d'abondance (Iab), volumétrique (IV) et alimentaire (IA) en pourcentage des groupes d'items proies dans les contenus des tubes digestifs des géniteurs de la carpe herbivore, en fonction de la taille. ....	198
Figure 87 : Les indices d'occurrence (Io), d'abondance (Iab), volumétrique (IV) et alimentaire (IA) en pourcentage des groupes d'items proies dans les contenus des tubes digestifs des géniteurs de la carpe commune, en fonction de la taille. ....	200

Figure 88 : Croissance en longueur de la carpe herbivore en milieu naturel (bassin du fleuve Amour), (Gorbach, 1961). .....	202
Figure 89 : Croissance de carpe herbivore, dans deux lacs de Floride (Shireman et al.1980 et Shireman et Maciena, 1980).....	202
Figure 90 : Les différentes proies trouvées au niveau du contenu intestinal de carpillons (la carpe commune)	209
Figure 91 : Illustration de la Chaine trophique présentant les aliments préférés de la carpe argentée des étangs de la Deroua du stade alevins au stade adulte. ....	217
Figure 92 : Illustration de la Chaine trophique présentant les aliments préférés de la carpe herbivore des étangs de la Deroua du stade alevins au stade adulte.....	217
Figure 93 : Illustration de la Chaine trophique présentant les aliments préférés de la carpe commune des étangs de la Deroua du stade alevins au stade adulte.....	218

## ***LISTE DES TABLEAUX***

---

Tableau 1 : Liste des espèces préférentiellement consommées par la carpe herbivore en Europe, classées par ordre de préférence (Codhant et Dutartre, 1992 ; Pípalová, 2002). .....	15
Tableau 2 : Liste des espèces préférentiellement consommées par la carpe herbivore en Amérique du Nord, classées approximativement par ordre de préférence (d'après Cudmore et Mandrake, 2004). ...	15
Tableau 3 : Diversité des proies vivantes pour alevins de la carpe commune (Billard, 1995a). .....	24
Tableau 4 : Comparaison de la proportion animal-végétal dans le régime alimentaire de la carpe selon Paen (1918 et 1922) et Struther (1929 et 1932). .....	24
Tableau 5 : Date de reproduction et d'empoissonnement, densité et nombre d'alevins déversés dans les différents étangs d'alevinage – période d'alevinage 2013. ....	41
Tableau 6 : Date de reproduction et d'empoissonnement, densité et nombre d'alevins déversés dans les différents étangs d'alevinage-période d'alevinage avril - juin 2014. ....	41
Tableau 7 : Méthodes d'analyses de l'eau utilisée. ....	43
Tableau 8 : Paramètres physico-chimiques de l'eau de la nappe phréatique (Valeur moyenne sur la période mai – juin 2013). ....	47
Tableau 9 : Valeurs des fréquences d'occurrence (Io) et des indices numériques (Iab) des différentes proies ingérées par les alevins de la carpe argentée (Etangs A1, A4 et B5). ....	64
Tableau 10: Valeurs des fréquences d'occurrence (Io) et des indices numériques (Iab) de différentes proies ingérées par les alevins de la carpe herbivore (Etangs A2, F3 et F5) et celles de la carpe commune (Etang C2). ....	66
Tableau 11 : Composition générale et indices alimentaires relatifs aux différentes catégories de proies des alevins de la carpe argentée, Etangs A1, A4 et B5. ....	68
Tableau 12 : Composition générale et indices alimentaires relatifs aux différentes catégories de proies des alevins de la carpe herbivore à la station de pisciculture de la Deroua, Etangs A2, F3 et F5. ....	71
Tableau 13 : Composition générale et indices alimentaires relatifs aux différentes catégories de proies des alevins de la carpe commune à la station de pisciculture de la Deroua, Etang C2. ....	74
Tableau 14 : Paramètres physico-chimiques de l'eau de la nappe - période 2014. ....	76
Tableau 15 : Taxons planctoniques recensés au niveau des étangs d'alevinage de la carpe argentée (A1), de la carpe commune (A2) et de la carpe herbivore (B2). ....	80
Tableau 16: Aliments préférentiels pour les alevins des trois espèces de carpes élevées à la station de la Deroua. ....	104
Tableau 17 : Etang, mode d'élevage et nombre de carpillons stockés par étang. ....	106
Tableau 18 : Paramètres physico-chimiques de l'eau de la nappe phréatique et du lac réservoir Bin El Ouidane en 2013. ....	108
Tableau 19 : Liste qualitative des espèces phytoplanctoniques identifiées dans les étangs de productions de carpillons en polyculture (CA+CH+CC) de février 2013 à mars 2014. ....	112
Tableau 20 : Liste qualitative des espèces phytoplanctoniques identifiées dans les étangs de productions de carpillons en élevage (CA+CH) de février 2013 à mars 2014. ....	114
Tableau 21 : Liste qualitative des espèces phytoplanctoniques identifiées dans les étangs de productions de carpillons en monoculture (CA) de février 2013 à mars 2014. ....	116
Tableau 22 : Caractéristiques de l'élevage des carpes. ....	126
Tableau 23 : Formules des paramètres zootechniques utilisés. ....	126
Tableau 24 : Caractéristiques de la polyculture (CA+CH+CC). ....	127
Tableau 25 : Caractéristiques de l'élevage (CA+CH) au début et à la fin de la période d'étude. ....	128
Tableau 26 : Caractéristiques de la monoculture CA au début et à la fin de la période d'étude. ....	129
Tableau 27 : Déroulement des opérations d'intervention dans les étangs de grossissement. ....	139

Tableau 28 : Caractéristiques de l'élevage des carpes au niveau des neufs étangs étudiés. ....	140
Tableau 29 : Caractéristiques de la polyculture (CA+CH+CC). ....	141
Tableau 30 : Caractéristiques de l'élevage (CA+CH). ....	143
Tableau 31 : Caractéristiques de l'élevage CA en monoculture.....	144
Tableau 32 : Taxons des proies inventoriés au niveau du contenu du tube digestif de la carpe argentée pendant la période de grossissement de Mars à juin 2013. ....	146
Tableau 33 : Principaux taxons déterminés de Mars à Juin 2013 avec les indices d'occurrence et d'abondance (%). ....	147
Tableau 34 : Valeurs des quatre indices alimentaire des Chlorococcales répertoriées au niveau des contenus des tubes digestifs des carpillons de la carpe argentée en polyculture (CA+CH+CC). ....	153
Tableau 35 : Valeurs de l'indice d'occurrence des Chlorococcales répertoriées au niveau des contenus des tubes digestifs des carpillons de la carpe argentée en élevage (CA+CH) ....	155
Tableau 36 : Espèces planctoniques inventoriées dans l'étang D2 de grossissement des géniteurs de carpes au cours des saisons. ....	177
Tableau 37 : Date de déversement et nombre de géniteurs déversés dans l'étang de grossissement. ....	186
Tableau 38 : Les performances de croissance des géniteurs de carpes au cours de l'expérience. ....	190
Tableau 39 : Taux de croissance spécifique de la carpe argentée dans différents milieux Marocains. ....	204
Tableau 40 : Liste des espèces préférentiellement consommées par la carpe herbivore en Amérique du Nord, classées approximativement par ordre de préférence ....	208
Tableau 41 : Type d'aliment préféré pour les alevins des trois espèces de carpes en fonction de la classe de taille ....	214



## *LISTE DES PHOTOS*

---

Photo 1: Vue latérale gauche de la Carpe herbivore élevée à la station Deroua .....	12
Photo 2: Vue latérale gauche de la Carpe argentée élevée à la station Deroua.....	18
Photo 3 : Vue latérale gauche de la carpe commune élevée à la station Deroua. ....	21
Photo 4 : <i>Coelastrum reticulatum</i> var. <i>reticulatum</i> . ....	65
Photo 5 : <i>Scenedesmus protuberans</i> .....	65
Photo 6 : <i>Coelastrum microporum</i> var. <i>microporum</i> .....	65
Photo 7 : <i>Peridiniopsis elpatiewskyi</i> .....	65
Photo 8 : Larve d'insecte .....	67
Photo 9 : Copépode.....	67
Photo 10 : Fragment d'insecte.....	67
Photo 11 : Fragment <i>Asplanchna priodonta</i> Gosse.....	67
Photo 12 : <i>Bosminida</i> sp.....	67
Photo 13 : <i>Keratella cochlearis</i> .....	67
Photo 14: Masse verte et quelques espèces phytoplanctoniques.....	70
Photo 15 : <i>Cyclops</i> sp.....	84
Photo 16 : <i>Lecane monostyla</i> .....	84
Photo 17: <i>Keratella tropica</i> .....	84
Photo 18 : <i>Peridinium aciculiferum</i> .....	84
Photo 19 : Graine de végétaux avec zooplancton à côté. ....	98
Photo 20 : Fragment de graine dégradé. ....	98
Photo 21 : <i>Chara vulgaris</i> .....	121
Photo 22: <i>Spirogyra majuscula</i> .....	122
Photo 23 : Etang de la série D. ....	139
Photo 24 : Capture des carpillons .....	141
Photo 25 : Un filet maillant. ....	150
Photo 26 : gazon sur les berges de l'étang.....	168
Photo 27 : Graines de végétaux .....	170
Photo 28 : Développement des macrophytes au fond de l'étang D2.....	176
Photo 29 : Développement de <i>Spirogyra</i> sp. En surface de l'étang D2.....	176
Photo 30 : Anesthésie des géniteurs pour pouvoir ressortir le contenu de leur tube digestif. ....	187
Photo 31 : Pêches des carpes à l'aide du filet maillant. ....	187
Photo 32 : Masse verte observée au niveau du contenu du tube digestif des géniteurs de la carpe argentée. ....	191
Photo 33 : <i>Pediastrum boryanum</i> var. <i>typicum</i> .....	195
Photo 34 : <i>Pediastrum simplex</i> var. <i>sturmii</i> .....	195
Photo 35 : <i>Tetraedron minimum</i> .....	195
Photo 36: <i>Nitzschia linearis</i> .....	195
Photo 37 : <i>Cyclotella bodanica</i> .....	195
Photo 38 : <i>Euglena deses</i> var. <i>tenuis</i> .....	195
Photo 39 : <i>Phacus orbicularis</i> .....	196
Photo 40 : <i>Keratella cochlearis</i> .....	196

Photo 41 : Staurostrum orbiculare.....	196
Photo 42 : Peridinium aciculiferum.....	196
Photo 43 : Fragment de pediastrum simplex var. sturmii.....	196
Photo 44 : Fragment de Nitzschia linearis.....	196
Photo 45 : Microcystis aeruginosa.....	196
Photo 46 : Masse verte.....	198
Photo 47 : Fragment de Ceratophyllum submersum.....	198
Photo 48 : Fragment de gazon.....	199
Photo 49 : Synedra sp.....	199
Photo 50 : Matière organique en cours de dégradation.....	201
Photo 51 : Larve d'insecte.....	201
Photo 52 : Etang D2 avant introduction des géniteurs de la carpe herbivore et la carpe commune..	203
Photo 53 : Etang D2 après introduction des géniteurs de la carpe herbivore et la carpe commune..	203
Photo 54 : Microcystis aeruginosa trouvée dans les excréments des géniteurs de la carpe argentée.....	206
Photo 55 : Cladocères ( <i>Bosminida</i> sp.) et Rotifères ( <i>Keratella cochlearis</i> ) répertoriées au niveau des excrément.....	206
Photo 56 : Contenu du tube digestive des géniteurs de la carpa commune étalé entre lame et lamelle.....	210
Photo 57 : Matière organique en cours de dégradatin (deux fragments de Ceratophyllum submersum.....	210

# SOMMAIRE

---

AVANT-PROPOS	
REMERCIEMENT	
RESUME	
ABSTRACT	
LISTE DES FIGURES	
LISTE DES TABLEAUX	
LISTE DES PHOTOS	
INTRODUCTION .....	1

## SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Présentation de l'aquaculture.....	4
2. Cypriniculture dans les eaux douces.....	6
2.1 Intérêt de l'utilisation des cyprinidés en pisciculture et productions mondiales .....	6
2.2 Mode de fonctionnement d'un étang d'élevage de Cyprinidés .....	7
2.3 Utilisation des cyprinidés pour le contrôle de l'eutrophisation dans les eaux douces .....	11
3. Caracteristiques biologiques, écologiques et trophiques des trois espèces de carpes chinoise .....	11
3.1 <i>Ctenopharyngodon idella</i> (carpe herbivore, amour blanc).....	11
3.2 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i> (carpe argentée).....	17
3.3 <i>Cyprinus carpio</i> (carpe commune).....	20
4. Physico-chimie de l'étang.....	26
4.1 Lumière .....	26
4.2 Température .....	26
4.3 pH.....	27
4.4 Oxygène dissous.....	28
4.5 Conductivité électrique.....	29
4.6 Eléments minéraux .....	30
5. Communautés planctoniques .....	33
5.1 Définition du plancton.....	33
5.2 Classification du plancton .....	33
5.3 Chaîne alimentaire classique .....	34
5.4 Spécificités écologiques au niveau des étangs de la station de pisciculture de la Deroua.....	34
5.5 Relations trophiques des différentes communautés planctoniques au sein du réseau trophique.....	35

## **PARTIE 1            ETUDE DU REGIME ALIMENTAIRE DES ALEVINS DE CARPES EN RELATION AVEC LA STRUCTURE DE LA COMMUNAUEE PLANCTONIQUE ET LA DISPONIBILITE DES ELEMENTS NUTRITIFS DANS DES ETANGS D'ALEVINAGE DE CARPES**

### **CHAPITRE 1**

#### **MATERIEL & METHODES**

1. Présentation du site d'étude .....	39
1.1 Localisation géographique.....	39
1.2 Objectifs de la station .....	40
1.3 Etangs d'alevinage .....	40
2. Echantillonnage .....	41

2.1 Chronologie d'activités .....	41
2.2 Stations de mesure et prélèvements .....	42
2.3 Paramètres physiques et chimiques .....	42
2.4 Paramètres biologiques.....	43

## CHAPITRE 2

### RESULTATS & DISCUSSIONS

#### *A - PHYSICOCHIMIE DE L'EAU, DYNAMIQUE DES PEUPELEMENTS PLANCTONIQUES ET REGIME ALIMENTAIRE DES ALEVINS DE CARPES. PERIODE D'ALEVINAGE 2013*

I. VARIABILITE DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES ET DYNAMIQUE DES PEUPELEMENTS PLANCTONIQUES DANS LES ETANGS D'ALEVINAGE DES CARPES.....	47
1. Caractérisation physico-chimique de l'eau de remplissage des étangs d'alevinage .....	47
2. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau des étangs d'alevinage .....	47
2.1 Traitement des résultats au niveau des étangs d'alevinage de la carpe argentée .....	47
2.2 Traitement des résultats au niveau des étangs d'alevinage de la carpe herbivore .....	49
2.3 Traitement des résultats au niveau des étangs d'alevinage de la carpe commune .....	52
3. Analyse des résultats biologiques .....	52
3.1 Analyse taxonomique .....	52
3.2 Analyse quantitative .....	53
4. Discussion et conclusion .....	59
II. REGIME ALIMENTAIRE DES ALEVINS DE CARPES ETUDIEES.....	59
1. Introduction .....	59
2. Résultats et discussions .....	60
2.1 Croissance des alevins de carpes.....	60
2.2 Régime alimentaire des trois espèces de carpes .....	63
3. Conclusion.....	74

#### *B - PHYSICOCHIMIE DE L'EAU, DYNAMIQUE DES PEUPELEMENTS PLANCTONIQUES ET REGIME ALIMENTAIRE DES ALEVINS DE CARPES. PERIODE D'ALEVINAGE 2014*

I. VARIABILITE DES PARAMETRES PHYSICOCHIMIQUES ET PLANCTONIQUES DANS LES ETANGS DE D'ALEVINAGE DES TROIS ESPECES DE CARPES.....	76
1. Eau de remplissage .....	76
2. Physico-chimie de l'eau des étangs .....	76
3. Paramètres biologiques .....	78
3.1 Plancton au niveau des étangs d'alevinage de carpes.....	78
3.2 Densité planctonique .....	81
4. Discussion.....	85
II. ETUDE DU REGIME ALIMENTAIRE DES ALEVINS DES CARPES ARGENTEE, HERBIVORE ET COMMUNE.....	86
1. Croissance en longueur et en poids .....	86
1.2 Alevins de la carpe herbivore .....	88
1.3 Alevins de la carpe commune.....	89
2. Relation taille-poids.....	90
3. Etude du régime alimentaire.....	91
3.1 Analyse qualitative et quantitative du régime alimentaire en fonction de la taille .....	91
4. Discussion et conclusion .....	101

**PARTIE 2                    ETUDE DE TROIS ESPECES DE CARPILLONS : PHYSICOCHIMIE,  
PEUPELEMENTS   PLANCTONIQUES ET REGIME ALIMENTAIRE**

**CHAPITRE 1**

**EVOLUTION DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES DE L'EAU DE L'ETANG DE  
PRODUCTIONS DE CARPILLONS**

1. Introduction .....	105
2. Matériel et méthodes .....	105
2.1 Milieu d'étude .....	105
2.2 Echantillonnage pour analyse physico-chimique .....	106
2.3 Récolte du plancton pour analyse qualitative et quantitative.....	107
2.4 Méthodes analytiques .....	107
3. Résultats physico-chimiques et biologiques .....	107
3.1 Caractéristiques physico-chimiques de l'eau de remplissage des étangs de production de carpillons	107
3.2 Suivi des paramètres physico-chimiques.....	108
3.3 Suivi des communautés planctoniques dans l'étang.....	110
4. Discussion.....	120
5. Conclusion.....	124

**CHAPITRE 2**

**VARIABILITE SAISONNIERE DU POIDS ET DE LA TAILLE DES TROIS ESPECES DE CARPES  
EN FONCTION DU MODE D'ELEVAGE**

1. Introduction .....	125
2. Matériel et méthodes .....	125
2.1 Echantillonnage biologique .....	125
2.2 Méthodes statistiques .....	126
3. Résultats .....	127
3.1 Caractéristiques des trois modes d'élevage .....	127
3.2 Evolution de la croissance des trois espèces de carpes en fonction du mode d'élevage.....	129
3.3 Relation poids-longueur .....	131
3.4 Facteur de condition.....	134
4. Conclusion.....	136

**CHAPITRE 3**

**REGIME ALIMENTAIRE DES CARPILLONS DANS LES ETANGS DE LA DEROUA**

**I. REGIME ALIMENTAIRE DES CARPILLONS A MOYEN TERME.....138**

1. Introduction .....	138
2. Matériel et méthodes .....	138
3. Résultats et discussion .....	141
3.1 Productivité des carpes en fonction du mode d'élevage.....	141

3.2 Composition du plancton dans le tube digestif de la carpe argentée .....	145
3.3 Profil général du régime alimentaire de la carpe argentée.....	147
3.4 Indice d'abondance des trois espèces de la carpe en fonction du mode d'élevage .....	148
4. Conclusion.....	149
<b>II. VARIATION SAISONNIERE DU REGIME ALIMENTAIRE DE TROIS ESPECES DE CARPILLONS</b>	<b>149</b>
1. Introduction .....	149
2. Matériel et méthodes .....	150
2.1 Echantillonnage .....	150
2.2 Expressions des résultats de la composition du tube digestif .....	150
3. Résultats .....	151
3.1 Variation saisonnière de la vacuité des carpes selon le mode d'élevage .....	151
3.2 Evolution mensuelle du régime alimentaire des trois espèces de carpillons selon les trois modes d'élevage .....	153
3.3 Evolution saisonnière de la prise alimentaire des carpes.....	162
4. Discussion.....	166
5. Conclusion.....	170

**PARTIE 3                    ETUDE DES GENITEURS DE CARPES : PHYSICOCHIMIE DE L'EAU, COMMUNAUTES PLANCTONIQUES ET REGIME ALIMENTAIRE**

**CHAPITRE 1**

**EFFET DU GROSSISSEMENT DES GENITEURS DE CARPES SUR L'EVOLUTION PHYSICOCHIMIQUE ET PLANCTONIQUE DE L'EAU D'UN ETANG**

1. Introduction .....	171
2. Matériel et méthodes .....	171
2.1 Situation de l'étang de grossissement.....	171
2.2 Echantillonnage .....	172
2.3 Analyses physico-chimiques de l'eau.....	172
2.4 Paramètres biologiques.....	173
3. Résultats .....	173
3.1 Caractéristiques physico-chimiques .....	173
3.2 Paramètres biologiques .....	175
4. Discussion.....	181
5. Conclusion.....	183

**CHAPITRE 2**

**REGIME ALIMENTAIRE DES GENITEURS**

1. Introduction .....	185
2. Matériel et méthodes .....	185
2.1 Poissons.....	185
2.2 Echantillonnage .....	186
2.3 Analyse statistique des données .....	187
3. Résultats et discussion .....	188

3.1 Performances de croissance des poissons.....	188
3.2 Analyse des résultats du régime alimentaire des géniteurs de carpes.....	190
4. Discussion et conclusion .....	201
SYNTHESE ET CONCLUSION GENERALE.....	212
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	218
ANNEXES.....	226

# Introduction



## **Introduction**

---

La pisciculture affiche une production croissante depuis plus de trois décennies. Elle vient contrebalancer les effets conjugués de la stagnation de la pêche (marine et continentale) et de la croissance démographique. Selon le rapport de la FAO (2012), la pisciculture a fourni 47% du poisson consommé dans le monde en 2010. Pourtant, dans la plupart des pays d'Afrique, la pisciculture reste très peu développée sachant bien que la production de poissons permet de lutter contre la malnutrition et de renforcer la sécurité alimentaire.

L'aquaculture est un important pourvoyeur national de protéines d'origine animale de haute qualité, absolument nécessaires, et à des prix généralement abordables pour la frange la plus pauvre de la société. C'est également un précieux pourvoyeur d'emploi, de revenus en numéraire et de commerce extérieur, les pays en voie de développement contribuant à plus de 90% de la production globale (FAO, 2003). Lorsqu'elle est intégrée avec soin, l'aquaculture fournit aussi des points de départ à faible risque pour le développement rural et a diverses applications aussi bien dans les terres qu'en zone côtière.

La pisciculture en étang est une activité très ancienne qui s'intègre harmonieusement dans le paysage rural. Au début de son histoire, elle a été basée sur la monoculture de carpes. Le concept de mono- ou polyculture a été élaboré et largement mis en œuvre par les pisciculteurs chinois, le flux énergétique étant réparti sur les nombreuses composantes de l'écosystème.

Les conditions climatiques du Maroc sont très favorables au développement optimal des espèces d'eaux chaudes telles que les carpes chinoises (carpe argentée, herbivore, et commune) qui sont les espèces les plus cultivées dans le monde. Actuellement l'aquaculture en eau douce a toujours été dominée par les carpes (71,9 %, 24,2 millions de tonnes, en 2010) (FAO, 2012). Le potentiel hydrique du Maroc représenté essentiellement par les retenues de barrages constitue un atout majeur pour la mise en valeur piscicole de ces milieux.

Au Maroc, le développement excessif des végétaux aquatiques dans les canaux d'irrigation et retenues de barrages a incité les organismes responsables à introduire les trois espèces de carpe chinoise. D'une superficie totale de 100.000 ha, les retenues de barrages connaissent toutes, à différents degrés, le phénomène d'eutrophisation. La première importation de Hongrie de deux espèces de carpes chinoises (carpe argentée et carpe herbivore) a eu lieu en 1983 pour lutter contre l'eutrophisation des canaux d'irrigation au niveau de la région de Loukkos (Droussi, 1998).

Le développement de ce potentiel nécessite une production nationale des semences des carpes chinoises. Consciente de l'intérêt socio-économique de ce secteur et pour éviter des importations coûteuses et laborieuses de ces espèces de l'étranger, le Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la lutte contre la désertification a mis en place la première unité de production de ces poissons au Maroc à la station de la Deroua (Province Fkih Ben Salah). Les essais de production des semences des carpes chinoises ont été couronnés de succès et ont permis d'acquérir une première expérience nationale dans ce domaine.

L'objectif ultime de cette activité est la production de poissons en grandes quantités et les présenter à des prix abordables à la population. Actuellement, la capacité de production des semences des carpes chinoises au niveau de la station de la Deroua, se situe entre 5 et 6 millions de carpillons par année (de 3 à 5 cm de longueur totale) (Droussi, 2013 ; comm. perso.). Toutefois, il a été constaté que les alevins de carpes changent de régime à un moment précoce en devenant phytoplanctonophages et sont susceptibles d'être déversés pour le repeuplement des lacs de barrage à une taille inférieure à celle habituellement choisie.

Il est couramment admis que la production piscicole en étang dépend en premier lieu de la densité de poissons mis en élevage. Cette charge est fonction de la richesse de l'eau en éléments nutritifs, du mode de gestion et de la fertilisation (Billard 1995c). La croissance des poissons est un processus complexe où l'énergie ingérée est en partie convertie en biomasse. L'efficacité de la conversion est régulée par le potentiel de croissance et par les différents facteurs abiotiques.

La qualité de l'eau et ses caractéristiques physico-chimiques jouent un rôle essentiel dans la productivité en matière vivante et la production piscicole (Boyd 1979, 1985a). Ainsi, le compartiment végétal (mesuré par le phytoplancton, la chlorophylle *a* et le disque de Secchi), est retenu pour estimer la production piscicole, aussi bien en élevage extensif (Barbe et al., 1999) qu'en élevage intensif (Almazan, 1977).

Le phytoplancton utilise la lumière pour transformer en matière organique, le carbone inorganique et les nutriments dissous. Il est donc responsable de la productivité des écosystèmes et conditionne par son importance les capacités de structuration de l'ensemble du réseau trophique. Il sert de nourriture de base à tout le zooplancton herbivore et représente une part non négligeable de l'alimentation des animaux filtreurs, Spongiaires, Copépodes et Tuniciers.

L'alevinage dans les étangs de la Deroua constitue le stade le plus déterminant dans la réussite des opérations de production des carpillons. L'étang est un milieu complexe où l'interaction de plusieurs facteurs contribue soit à la réussite ou à l'échec des alevinages. Les paramètres physico-chimiques de l'eau et des sédiments, la densité des étangs en alevins et l'alimentation sont les principaux facteurs qui influencent le taux de survie des alevins dans les étangs. Ces paramètres dépendent énormément des pratiques d'aménagement mises en œuvre dans les étangs. Toutefois, il faut bien admettre qu'il ne peut y avoir d'aménagements efficaces sans une gestion rationnelle basée sur une connaissance approfondie du fonctionnement physico-chimique et biologique des étangs.

C'est dans ce sens que la coopération entre le Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification et la Faculté des Sciences et Techniques de Béni Mellal qui a débuté en 1995 a donné lieu à plusieurs études scientifiques qui ont touché tous les compartiments biotiques et abiotiques de ces étangs de la Deroua (sédiments, eau, phyto- et zooplancton).

Afin de compléter ces études et optimiser la productivité piscicole de carpes au niveau de cette station ainsi que de déterminer la meilleure durée d'alevinage et la taille propice à

## Introduction

l'empoissonnement des plans d'eau, il a été nécessaire de suivre le régime alimentaire des trois espèces de carpes *Hypophthalmichthys molitrix* (carpe argentée), *Ctenopharyngodon idella* (carpe herbivore) et *Cyprinus Carpio* (carpe commune) du stade alevins au stade géniteurs en évaluant leurs préférences alimentaires.

Pour répondre à ces principaux objectifs, cette étude sera structurée comme suit :

- *Une synthèse bibliographique,*
- *Une première partie sur l'étude du régime alimentaire des alevins de carpes en relation avec la structure de la communauté planctonique et la disponibilité des éléments nutritifs dans des étangs d'alevinage de carpes subdivisé en deux chapitres :*
  - Variabilité des paramètres physico-chimiques de l'eau, dynamique des peuplements planctoniques et régime alimentaire des alevins de carpes durant la période d'alevinage 2013,
  - Etude du régime alimentaire des alevins des carpes argentée, herbivore et commune et sa relation avec les descripteurs qualité de l'eau-phytoplancton dans des étangs d'alevinage de carpes durant la période d'alevinage 2014.
- *La seconde partie concerne l'étude de trois espèces de carpillons ; physicochimie, peuplements planctoniques et régime alimentaire :*
  - Evolution des paramètres physico-chimiques et des communautés planctoniques de l'étang de productions de carpillons,
  - Variabilité saisonnière du poids et de la taille de trois espèces de carpes en fonction du mode d'élevage,
  - Régime alimentaire des carpillons dans les étangs de la deroua.
- *La troisième partie est consacrée à l'étude des géniteurs de carpes : physicochimie de l'eau, communautés planctoniques et régime alimentaire :*
  - Effet du grossissement des géniteurs de carpes sur l'évolution physicochimique et planctonique de l'eau d'un étang,
  - Suivi du régime alimentaire des géniteurs de trois espèces.

# Synthèse bibliographique

1. PRESENTATION DE L'AQUACULTURE
2. CYPRINICULTURE DANS LES EAUX DOUCES
3. COMMUNAUTES PLANCTONIQUES
4. PHYSICOCHIMIE DE L'ETANG
5. CARACTERISTIQUES BIOLOGIQUES, ECOLOGIQUES  
ET TROPHIQUES DES TROIS CARPES

## **1. Présentation de l'aquaculture**

Depuis le début du millénaire, la production aquacole mondiale continue à progresser. En un demi-siècle, ou presque, l'aquaculture qui était une activité quasiment anecdotique est devenue comparable à la pêche de capture pour ce qui est de sa contribution à la production alimentaire mondiale. L'aquaculture a également évolué au plan de l'innovation technique et s'est adaptée pour répondre à l'évolution de la demande.

La production aquacole mondiale a atteint un nouveau pic historique en 2010, avec 60 millions de tonnes (hors plantes aquatiques et produits non destinés à la consommation humaine), d'une valeur totale estimée à 119 milliards de dollars EU (FAO, 2012).

Depuis le milieu des années 90, l'aquaculture est le moteur de croissance de la production totale de poisson, tandis que la production mondiale de la pêche de capture marque le pas. La contribution de l'aquaculture à la production mondiale totale de poisson a augmenté régulièrement, passant de 20,9 % en 1995 à 32,4 % en 2005 et 40,3 % en 2010. Sa part dans la production mondiale totale de poissons destinés à la consommation humaine était égale à 47 % en 2010 contre seulement 9 % en 1980 (FAO, 2012).

L'Afrique, qui est partie de très bas, a augmenté sa contribution à la production globale, qui est passée ces dix dernières années de 1,2 % à 2,2 %. La part de l'aquaculture en eau douce dans la région est tombée de 55,2 % à 21,8 % pendant les années 90, notamment en raison de la forte croissance de l'aquaculture en eau saumâtre en Égypte, mais elle s'est redressée dans les années 2000 pour atteindre 39,5 % en 2010, suite au développement rapide de l'aquaculture en eau douce en Afrique subsaharienne, en particulier au Nigéria, en Ouganda, en Zambie, au Ghana et au Kenya. La production aquacole africaine est très largement dominée par les poissons (99,3 % en volume), avec seulement une petite fraction assurée par les crevettes de mer (0,5 pour cent) et les mollusques marins (0,2 %) (FAO, 2012).

La production aquacole a enregistré une forte croissance dans les pays en développement, en particulier en Asie, tandis que les taux de croissance annuels des pays industrialisés développés n'ont été en moyenne que de 2,1 % dans les années 90 et de 1,5 % dans les années 2000. En 2010, ces pays ont produit collectivement 6,9 % (4,1 millions de tonnes) en quantité et 14 % (16,6 milliards de dollars EU) en valeur du poisson élevé dans le monde pour la consommation, contre 21,9 % et 32,4 en 1990 (FAO, 2012).

Dans l'aquaculture, le milieu utilisé est l'eau douce, l'eau saumâtre ou l'eau de mer. Les données mises à la disposition par la FAO montrent que, en termes de quantité, le pourcentage de la production en eau douce est passé de moins de 50 % avant les années 80 à

près de 62 % en 2010, tandis que la part de la production aquacole marine a décliné, passant de plus de 40 % à un peu plus de 30 % pendant la même période (FAO, 2012).

Au niveau mondial, la composition et les types d'espèces produites diffèrent considérablement entre les trois milieux de culture et, pour un même milieu, ont parfois varié au fil des ans (Figure 1).

De 2000 à 2010, le taux de croissance annuel moyen de la production aquacole en eau douce a été de 7,2 %, contre 4,4 % pour la production aquacole marine. 60 % du volume mondial de l'aquaculture est produit en eau douce. L'eau douce constitue 0,3 % des eaux présentes à la surface de la planète. La Figure 2 présente les volumes de production pour les principaux groupes d'espèces d'eau douce.

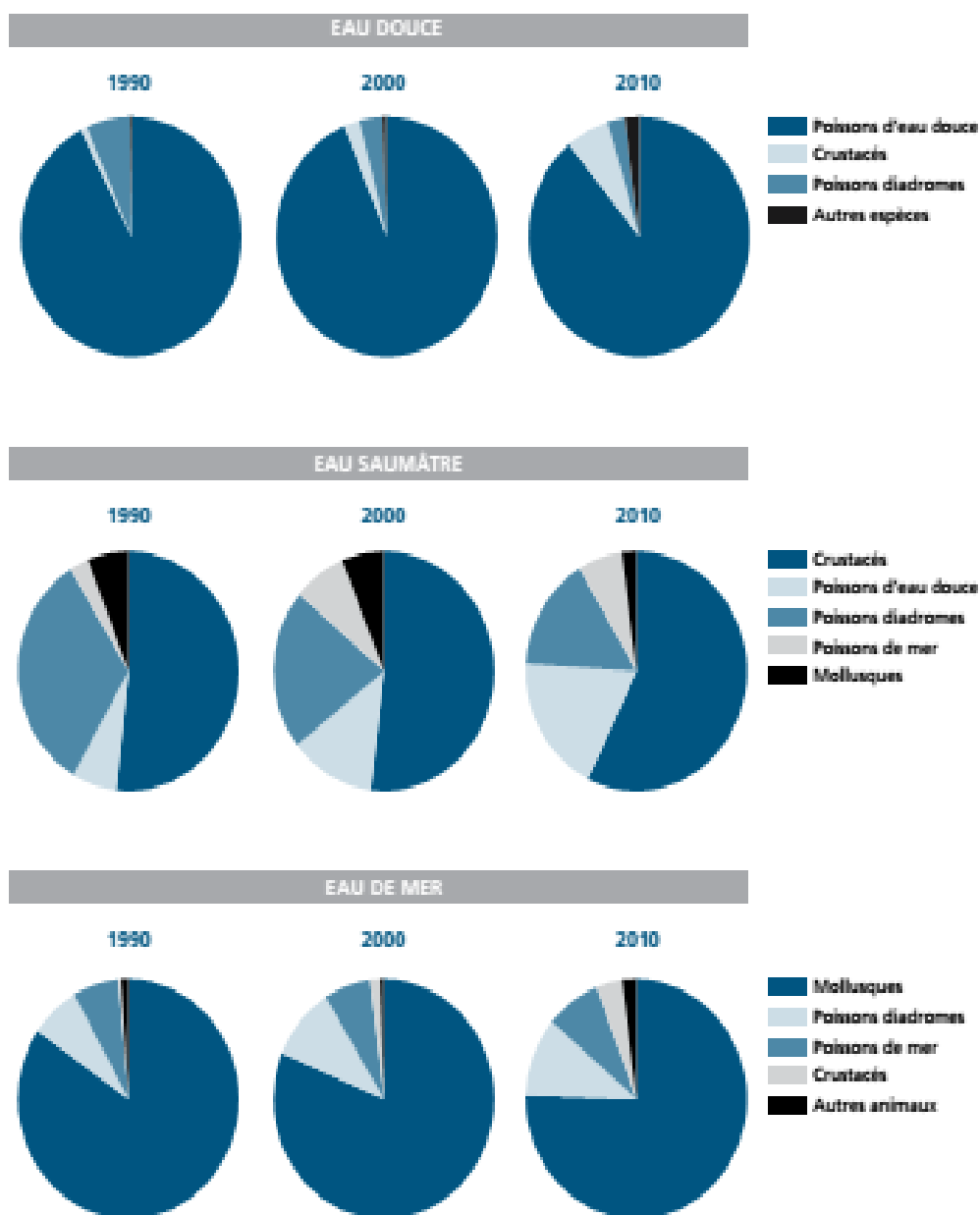


Figure 1: Composition de la production aquacole mondiale par milieu de culture (FAO, 2012).

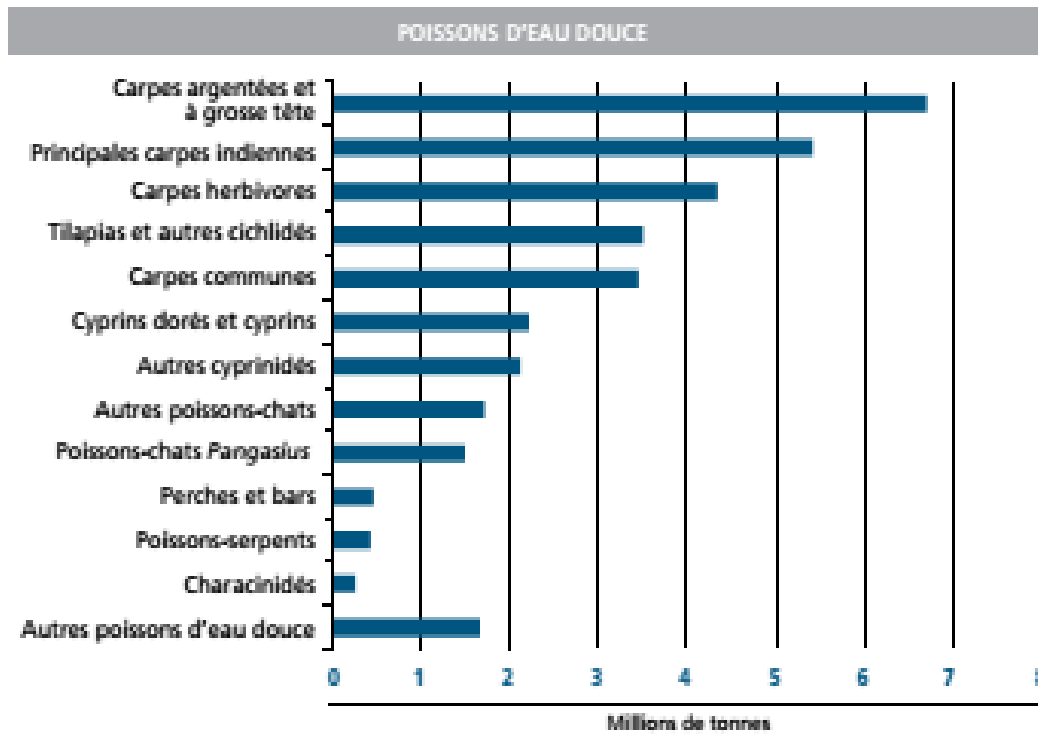


Figure 2 : Production aquacole des principales espèces ou des principaux groupes d'espèces d'eau douce en 2010 (FAO, 2012).

L'aquaculture en eau douce a toujours été dominée par les carpes (71,9 %, 24,2 millions de tonnes en 2010). Parmi ces carpes, 27,7 % sont des espèces filtreuses non nourries tandis que les autres sont nourries avec des aliments à faible teneur en protéines (FAO, 2012).

Les espèces de poissons qui ont été introduites avec succès à l'échelle internationale sont les tilapias d'Afrique (notamment le tilapia du Nil), les carpes chinoises (la carpe argentée, la carpe à grosse tête et la carpe herbivore), le saumon de l'Atlantique (*Salmo salar*), les poissons-chats (*Pangasius spp.*), la perche truite (*Micropterus salmoides*), le turbot (*Scophthalmus maximus*), le piarapatinga (*Piaractus brachypomus*), le pacu (*Piaractus mesopotamicus*) et la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*).

## 2. Cypriniculture dans les eaux douces

### 2.1 Intérêt de l'utilisation des cyprinidés en pisciculture et productions mondiales

#### 2.1.1 Intérêt des cyprinidés en aquaculture

L'élevage des poissons Cyprinidés est très ancien et se pratique généralement en étang selon un mode extensif qui tend à s'intensifier dans la plupart des pays. Les Cyprinidés ont une grande aptitude à tolérer une large gamme de températures (0°C à plus de 30°C) (FAO, 2000-2005ab ; Fishbase Species Summary, 2005abc ; FIGIS, 2000-2006), d'où leur large répartition géographique.

Parmi les Cyprinidés, les carpes restent le groupe de poissons le plus largement utilisé en élevage. Elles sont peu exigeantes en terme de nutrition et capables de s'alimenter à tous les niveaux de la chaîne alimentaire. Elles connaissent une croissance rapide, la qualité de leur chair est très bonne et leur valeur marchande est importante (Dey et al., 2003).

L'élevage de la Carpe, ou cypriniculture, se positionne au second rang national des productions piscicoles. L'optimisation des rendements a conduit les pisciculteurs à maîtriser la reproduction et la croissance de ces poissons. Compte tenu du régime omnivore de la carpe, son alimentation dans le milieu naturel est très variée et les proies recherchées regroupent crustacés, mollusques, invertébrés, plancton, etc.

La Carpe est une espèce poïkilotherme dont le métabolisme est directement dépendant de l'environnement et des propriétés physico-chimiques du milieu aquatique.

### **2.1.2 Productions mondiales des Cyprinidés**

Durant la décade 1993-2002, le taux de croissance moyenne annuelle de la production de la carpe cultivée était de 10,1 % globalement et de 9,9 % en Chine. La production en Inde qui était de l'ordre de 13 000 tonnes en 1993, a atteint un pic de plus de 137 000 tonnes en 1999 mais elle a chuté à moins de 48 000 tonnes en 2002. Cependant, la production dans l'un des producteurs principaux, l'Égypte, a augmenté progressivement au cours de cette décade (FAO, 2009 et 2010).

Le projet de carpiculture, implanté à la station de la Deroua par le Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification et mis en œuvre par le Centre National d'Hydrobiologie et de Pisciculture d'Azrou, est l'outil technique qui était à la base du développement de la production des semences des carpes chinoises au Maroc.

Durant ses premières années, cette station a connu une production assez importante des trois espèces de carpes introduites.

### **2.2 Mode de fonctionnement d'un étang d'élevage de Cyprinidés**

Le terme étang qui vient de l'ancien français « estanchier » (étancher) est étroitement lié à la gestion piscicole (Otto-Bruc, 2001). Un étang est, selon Balvay (1980), une masse d'eau artificiellement stagnante de faible profondeur, plus ou moins complètement vidangeable à une fréquence variable et destinée à l'élevage du poisson. Cette activité piscicole repose sur un élevage extensif de poissons et sur la gestion du milieu récepteur c'est-à-dire de l'étang qui constitue un véritable écosystème.

Le fonctionnement de l'étang a fait l'objet d'une approche compartimentale basée sur les cycles de l'azote (Beaupied, 1980), du phosphore (Boyd, 1971), de l'activité à l'interface eau-sédiments (Bertru, 1980 ; Hasnaoui, 2001 ; Hasnaoui et al., 2002b) ou encore celle des décomposeurs (Lesel, 1980) ou d'une approche globale (Balvay, 1980 ; Sevrin-Reyssac, 1995). Ces connaissances permettent de comprendre la complexité des mécanismes mis en œuvre dans le réseau trophique, les facteurs décisifs (Chahuneau et Des Clers, 1980; Ginot, 1990), ainsi que les modes d'intervention (Barroin, 1991).



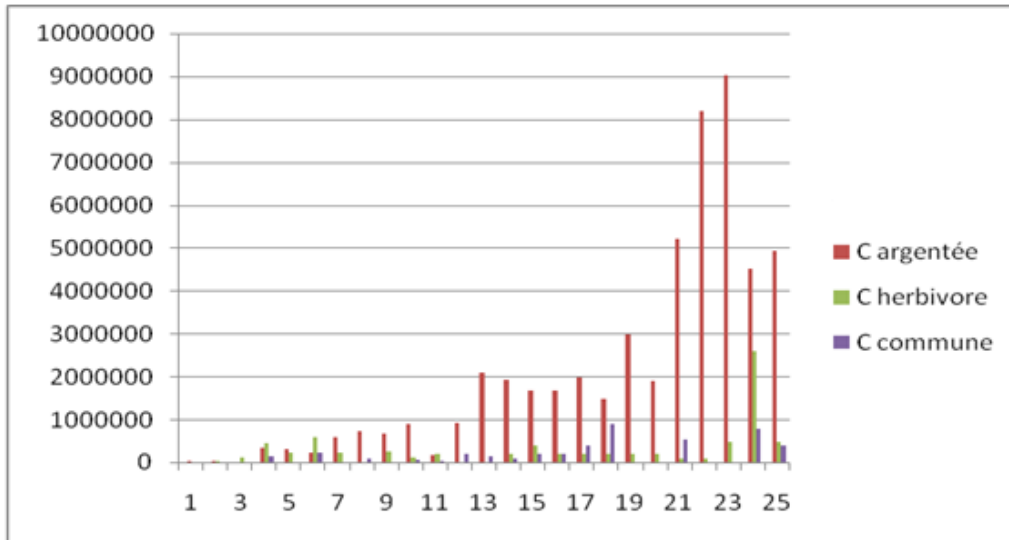


Figure 3: Evolution de la production des carpes chinoises à la station de la Deroua au cours des 25 dernières années de 1990 à 2014 (Droussi, 2014).

Durant les cycles d'élevage conduits en «eau non renouvelée», les relations avec le milieu extérieur n'existent pas ou peu pendant leur déroulement. Toutefois, comme lors de la période de remplissage des étangs, des matières fertilisantes et des produits phytosanitaires peuvent être entraînés vers les étangs en particulier à l'occasion d'épisodes pluvieux. Les risques potentiels d'apports d'azote sont appréhendés par différentes méthodes des bilans (Corpen, 1988 ; Lanquetuit et Sebillotte, 1997).

L'étang est un écosystème vivant au rythme des saisons qui implique l'existence d'un réseau trophique aboutissant au poisson, élément biologique exploitable par l'Homme (Bouin, 2002). Quelque soit la nature de l'étang d'élevage du poisson et la nature de l'eau qui l'alimente, la chaîne trophique se déroule toujours de la même manière. Il existe quatre phases d'exploitation distinctes : le remplissage, la production biologique, la vidange et l'assec.

La phase de la vidange commence le plus souvent à l'automne pour permettre une pêche à partir du mois de novembre. En effet, une température faible garantit une activité physiologique du poisson ralentie, ce qui permet de prévenir les risques d'hypoxie (turbidité, colmatage des branchies, etc.) ou pathologiques (infection, infestation, etc.) par défaut de manipulation (perte de mucus, écaillage, formation de lésions, etc.).

A l'issue de la pêche, l'étang peut être maintenu hors d'eau durant une période variant de quelques jours à quelques mois : il s'agit de l'assec. Cette phase est nécessaire pour d'éventuelles actions d'entretien dans l'étang comme la réparation de digues, le curage, la restauration du fossé principal, l'entretien des berges etc. (Arrignon, 1976). Au cours de cet assec, la vase s'aère et les matières organiques se minéralisent (Schlumberger, 2002). Cette aération permet de circonscrire le développement des racines et des végétaux. Elle a également un rôle sanitaire car elle limite la prolifération d'organismes indésirables comme les parasites ou les virus (Le Louarn et Neveu, 2001 ; Schlumberger, 2002).

Les principaux impacts des plans d'eau et des étangs sur l'environnement concernent l'eau d'un point de vue quantitatif et qualitatif et la fonction biologique. Deux phases du cycle d'un étang piscicole se distinguent ; la phase d'exploitation durant laquelle l'étang est en eau et la phase de vidange (pour les étangs vidangeables). Cette dernière phase constitue généralement la phase la plus sensible car il y a aussi exportation de sédiments.

Le fonctionnement normal d'un étang demande un apport minime d'eau pour maintenir le niveau d'eau en cas de fortes chaleurs entre 0,5 et 3 l/s/ha voire 5 l/s/ha, soit une évaporation de 4, 25 et 46 mm/j respectivement (Breton, 2001 ; Le Louarn et Neveu, 2001 ; Schlumberger, 2002).

Le terme évapotranspiration peut être confondu avec le terme évaporation. L'évapotranspiration d'un étang constitue une combinaison des pertes d'eau par l'évaporation mécanique et par la transpiration végétale.

L'évaporation d'une surface d'eau, qui se définit comme étant le passage de la phase liquide à la phase vapeur, dépend de divers paramètres comme la température de l'air, l'humidité, la vitesse du vent et la pression atmosphérique (Boyd et Gross, 1998) mais aussi des propriétés physiques (superficie, profondeur) de cette surface d'eau.

La transpiration végétale se définit comme la quantité maximale d'eau susceptible d'être perdue en phase vapeur, sous un climat donné, par un couvert végétal. La majeure partie de l'eau consommée par les plantes n'est pas consacrée à la formation de matière végétale mais à la transpiration (Gaume, 2000).

L'infiltration désigne le mouvement de l'eau pénétrant dans les couches superficielles du sol et l'écoulement de cette eau dans le sol et le sous-sol, sous l'action de la gravité et des effets de pression. Concernant la nature du sol, les taux d'infiltration les plus élevés sont associés aux sols sableux (3 à 6 mm/j) et les moins importants aux substrats argileux de < 1 mm/j à 1-2mm/j (Marcel, 1996 ; Boyd et Gross, 1998).

Les infiltrations et les fuites dépendent de plusieurs paramètres dont principalement, la nature du fond, l'ancienneté, l'usage de l'étang et enfin sa conception. Des scientifiques (Boyd, 1986 ; Boyd et Gross, 1998) ont regroupé ces pertes en quatre catégories: faibles (0-5 mm.j-1), modérées (5-10 mm. j-1), élevées (10-15 mm. j-1) et extrêmes (> 15 mm j-1).

Dans un étang piscicole correctement aménagé à substrat argileux, les « pertes » par infiltrations et fuites sont estimées entre 0,5 et 0,7 mm/j (Marcel, 1996).

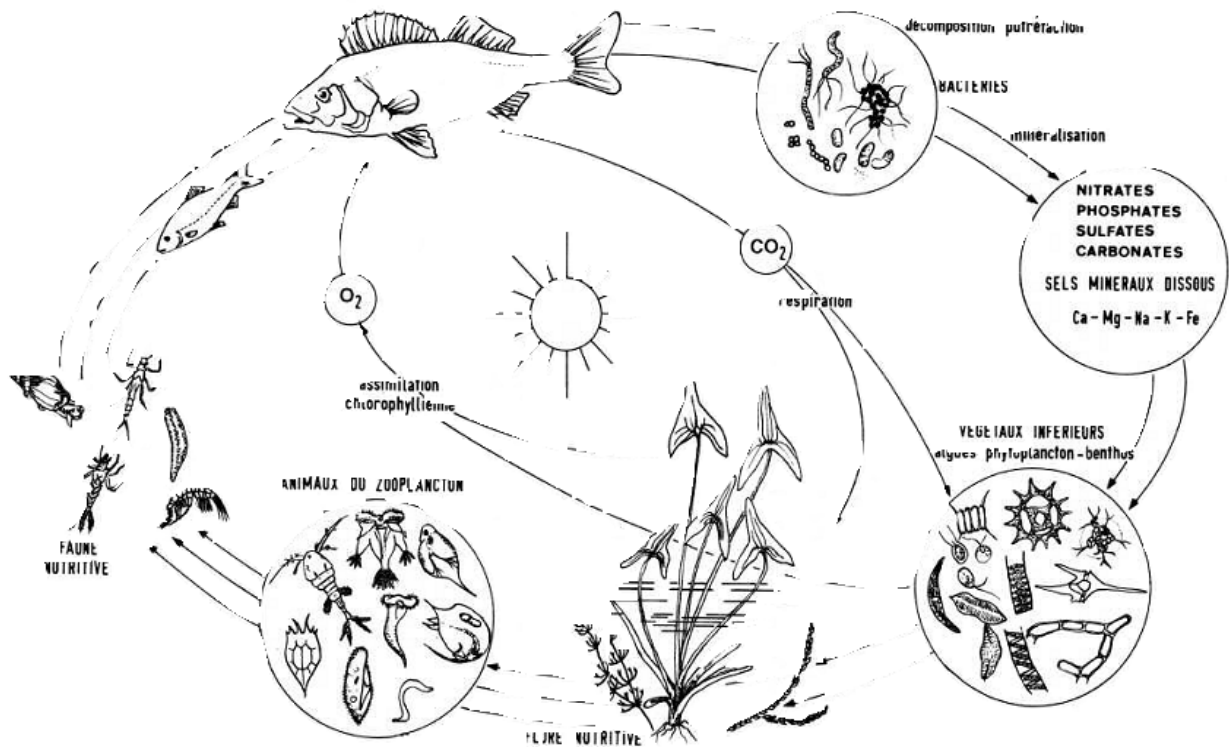


Figure 4: Cycle biologique de l'étang (Arrignon, 1976).

Le cycle débute avec le remplissage de l'étang par l'eau. Selon les modes d'alimentation en eau (précipitations, ruissellement, source, dérivation de cours d'eau), cette phase est plus ou moins longue et se réalise durant la période hivernale voire en début de printemps (Huet, 1970 ; Arrignon, 1976 ; Billard, 1980 ; Bouin, 2002). Puis, l'étang fonctionne comme un capteur solaire : une partie de l'énergie lumineuse reçue sert au réchauffement des eaux, l'autre est utilisée par les végétaux (phytoplancton) pour se développer et se multiplier (Marcel, 1989; Bachasson, 1997). Il s'ensuit alors une succession de colonisations par divers organismes comme le zooplancton, ce qui permet la mise en place d'un réseau trophique complet.

La croissance des juvéniles et des adultes de poissons est alors possible car ils utilisent la matière organique (provenant du milieu ou des proies) élaborée aux différents niveaux de la chaîne trophique (Figure 4). A plus ou moins brève échéance, ces organismes sont condamnés à mourir. Les champignons et les bactéries se chargent alors de les décomposer en éléments minéraux. Ces derniers solubilisés peuvent être à nouveau absorbés par les végétaux bouclant ainsi le cycle de la matière nutritive (Grygierek et Wasilewka, 1979).

Il existe donc, au sein de l'étang, un certain nombre d'entités biologiques dont chacune joue un rôle essentiel dans le réseau trophique à un ou plusieurs niveaux (INRA, 1981). La gestion piscicole consiste donc à introduire dans le milieu des espèces capables d'utiliser les différentes phases du cycle (planctophages, phytophages, détritivores, carnassières, etc.).

### **2.3 Utilisation des cyprinidés pour le contrôle de l'eutrophisation dans les eaux douces**

L'eutrophisation désigne l'enrichissement naturel d'un écosystème aquatique en nutriments (Harper, 1992 ; Lacaze, 1996). Concernant l'eutrophication, il faut différencier le phénomène artificiel volontaire (fertilisation) et le phénomène artificiel involontaire (pollution) (Barroin, 1990).

Plusieurs méthodes chimiques peuvent être utilisées pour la lutte contre l'eutrophisation, mais la lutte biologique par l'utilisation de poissons phytophages reste la méthode la plus recommandée (Barroin, 1990 ; Le Louarn & Neveu, 2001).

Le Maroc possède un potentiel aquacole très important pour la culture des carpes chinoises. En effet, il dispose de plusieurs atouts pour réussir un développement fleurissant de l'aquaculture continentale. Ces atouts sont principalement climatiques. Les eaux continentales marocaines sont dans leur majorité des eaux tièdes où la température moyenne annuelle avoisine 20 °C. Elles sont donc très favorables pour un développement optimal des carpes chinoises. Le potentiel hydrique, représenté par les retenues de barrages, présente un atout majeur pour une mise en valeur piscicole rationnelle de ces milieux.

Les grandes retenues de barrages connaissent tous, à des degrés divers, le phénomène d'eutrophisation. Cet enrichissement est favorisé par l'érosion des bassins versants et le fort ensoleillement. Ceci entraîne un déséquilibre écologique aboutissant, entre autre, à un développement anarchique des algues microscopiques duquel découlent pratiquement tous les problèmes imputables à l'eutrophisation.

Quoique ce phénomène soit néfaste pour la qualité des eaux des retenues de barrages qui sont souvent destinées à alimenter les populations en eau potable, il est cependant très bénéfique au développement de certaines espèces de poissons telles que la carpe argentée (*Hypophthalmichthys molitrix* Val.). En effet cette espèce joue un double rôle, grâce à son régime alimentaire strictement phytoplanctonophage. Elle réduit la biomasse algale indésirable et la transforme en chair de poisson très appréciée.

## **3. Caractéristiques biologiques, écologiques et trophiques des trois espèces de carpes chinoise**

### **3.1 *Ctenopharyngodon idella* (carpe herbivore, amour blanc)**

#### **3.1.1 Aire de répartition**

La carpe herbivore est originaire d'Asie orientale, du bassin de l'Amour à la Chine. Son aire de répartition naturelle s'étend des latitudes 20° à 50° Nord et des longitudes de 100° à 140° Est (Shireman et Smith, 1983 ; Dabbadie 1994 ; Pípalová, 2006 ; FAO, 2009 et 2011a). Elle fréquente les parties avales et moyennes de grands fleuves, comme l'Amour (frontière entre la Chine et la Russie), Yang Tze et le fleuve jaune (centre de la Chine) et le fleuve Min (traverse la frontière entre le Vietnam et la Chine). Les conditions climatiques varient fortement au sein de l'aire de répartition naturelle de la carpe herbivore. Les températures annuelles de l'air varient de 25°C pour la partie sud, à - 6°C dans la partie nord (Cudmore et Mandrak, 2004).

La carpe herbivore a été introduite partout dans le monde, principalement pour le contrôle de la végétation aquatique et l'aquaculture (Shireman et Smith, 1983 ; Bruslé et Quignard, 2001 ; Cudmore et Mandrake, 2004 ; Cuda et al., 2008). Les informations concernant son introduction et son éventuellement établissement sont contradictoires entre les auteurs. Ainsi, Shireman et Smith (1983) et Masser (2002) rapportent qu'elle a été introduite dans plus de 50 pays alors que la FAO en 2009 et en 2011, confirme que cette espèce a été introduite dans environ 40 pays où il y avait peu d'informations disponibles sur les populations naturelles. Quant à l'Europe, la carpe herbivore est introduite dans 49 pays, parmi lesquels 17 ont des populations qui se sont établies (Cudmore et Mandrak, 2004).

### 3.1.2 Morphologie

La carpe herbivore *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes, 1844) possède un corps allongé et relativement cylindrique, recouvert de grandes écailles bordées de sombre (photo 1). La ligne latérale est complète et légèrement incurvée. Le dos est vert noirâtre, avec des flancs plus clairs, souvent verdâtres et le ventre est blanchâtre. Les nageoires pectorales sont placées très bas sur l'animal et sont assez courtes. Les nageoires pelviennes sont implantées en position abdominale, à l'aplomb de la dorsale. Les nageoires dorsale et anale sont courtes. Le pédoncule caudal est épais et porte une large nageoire en caudale échancrée. La tête est assez large et dépourvue d'écailles. L'œil est petit et la bouche est petite et terminale.



Photo 1: Vue latérale gauche de la Carpe herbivore élevée à la station Deroua

### 3.1.3 Habitat

La carpe herbivore est une espèce euryèce. Elle peut notamment vivre dans des eaux douces et saumâtres, jusqu'à 10 ‰ pendant de courtes périodes (Kilambi, 1980 ; Galveston Bay Foundation, 2002 ; Masser, 2002). De plus, elle peut supporter des concentrations en oxygène dissous très faibles, jusqu'à 0,2 mg/l (Shireman et Smith, 1983 ; Bruslé et Quignard, 2001). Cependant l'alimentation semble s'arrêter lorsque la concentration en oxygène dissous

est inférieure à 3 mg/l et est meilleure lorsque la concentration est supérieure à 4 mg/ (Masser, 2002). De plus, elle est capable de tolérer des températures variant de 0 à 33°C, même si elle nécessite des conditions thermiques élevées pour son activité alimentaire et reproductrice (Bruslé et Quignard, 2001). En effet, elle apprécie les eaux chaudes tropicales et grossit très rapidement entre 28-30°C. En revanche, la reproduction naturelle est inhibée à ces températures (Dabbadie, 1994). La température létale est autour de 38°C pour les adultes, 33 à 41°C pour les larves et 35 à 36°C pour les juvéniles (Cudmore et Mandrak, 2004). La survie des œufs est très faible en dessous de 18°C (Stott et Cross, 1973).

*Dans son milieu naturel*, cette espèce préfère fréquenter les eaux claires, chaudes, bien oxygénées avec une végétation abondante des zones littorales de lacs, de réservoirs ou d'eaux calmes de fleuves durant la période de nourrissage (Kottelat et Freyhof, 2007 ; Cuda et al., 2008). Pendant la période de reproduction et l'hiver, elle fréquente la partie aval et moyenne des grands fleuves (Kottelat et Freyhof, 2007). Elle habite dans la couche inférieure de la colonne d'eau (FAO, 2009 et 2011a).

En Afrique, la carpe herbivore a été introduite dans plusieurs pays (Maroc, Egypte, Kenya, etc.) Mouslih, (1987), Welcomme (1988), Azeroual et al., (2000). Au Maroc, elle se retrouve dans les lacs de barrages et canaux d'irrigation pour lutter contre le développement anarchique des végétaux aquatiques.

#### **3.1.4 Régime alimentaire**

Concernant le régime alimentaire de cette espèce, les larves se nourrissent de zooplancton (rotifères, larves de chironomes, etc.), puis deviennent quasi-exclusivement herbivore au-delà de 2 à 5 cm (Shireman et Smith, 1983 ; Dabbadie, 1994 ; Billard, 1997 ; Bruslé et Quignard, 2001 ; Galveston Bay Foundation, 2002 ; Kottelat et Freyhof, 2007). Cependant, le régime herbivore des juvéniles est peu strict, incluant des végétaux aquatiques (*Elodea*, *Potamogeton*, *Ceratophyllum*, etc.), *Chara vulgaris* et des algues filamenteuses (*Spirogyra*, *Cladophora*, etc.) (Bruslé et Quignard, 2001 ; Pípalová, 2006). Généralement, les juvéniles préfèrent les sommets doux et tendres des jeunes plantes en croissance et la végétation submergée (Masser, 2002).

A la station de pisciculture de la Deroua (Province de Fkih Ben Salah), les alevins des trois espèces de carpe sont nourris aux jaunes d'œufs de poule pendant deux jours dans des aquariums de premier alevinage avant d'être transférés dans des bacs circulaires où ils reçoivent une alimentation à base de zooplancton (Rotifères et Protozoaires) (Droussi, 1998).

De plus, les juvéniles peuvent ingérer en même temps divers organismes vivant parmi ces plantes (mollusques, larves d'insectes, etc.) et même des petits poissons (Cudmore et Mandrak, 2004).

Les adultes sont sélectifs dans le choix des plantes qu'ils consomment, préférant les plantes immergées avec des feuilles douces et des tissus mous (Tableaux 1 et 2) (Shireman et Smith, 1983 ; Dibble et Kovalenko, 2009).

L'étude de Pípalová (2006) a montré que la sélectivité de la carpe herbivore adulte décroît avec l'âge. En effet, les poissons les plus jeunes ont tendance à éviter les plantes avec des feuilles dures ou rugueuses comme *Stratoides aloides* L., diverses monocotylédones, les grosses feuilles flottantes (e.g., *Nymphaea* et *Nuphar spp*), les plantes avec un goût très fort (*Polygonum hydropiper*) ou les plantes toxiques (*Ranunculus spp.*). Alors que les individus les plus âgés et plus gros ne refusent pas ces plantes mais les consomment uniquement si les autres plantes ne sont pas disponibles. D'autres plantes appartenant aux genres *Potamogeton*, *Myriophyllum* et *Typha*, semblent aussi peu broutées par la carpe herbivore (Dibble et Kovalenko, 2009). De plus, elle consomme les espèces préférées en premier jusqu'à ce qu'elles deviennent rares (Cudmore et Mandrak, 2004 ; Pípalová, 2006).

D'autres plantes sont aussi consommées si les espèces préférées sont absentes, comme des algues filamenteuses ou des macrophytes avec des feuilles plus dures (Cudmore et Mandrak, 2004). A noter que la préférence pour les algues filamenteuses semble décroître avec l'âge (Masser, 2002). Ainsi, la carpe herbivore peut consommer des centaines d'espèces de plantes différentes (Masser, 2002 ; Dibble et Kovalenko, 2009). Cependant, l'ordre de préférence des plantes consommées varie en fonction des conditions environnementales et est difficilement prévisible. De plus, lorsque la quantité de macrophytes est trop faible, la carpe herbivore adulte peut ingérer du benthos, du zooplancton, ou des crustacés (Dibble et Kovalenko, 2009), mais il semblerait que dans ces conditions elle perd du poids (Cudmore et Mandrak, 2004).

La carpe herbivore se nourrit peu en dessous de 7°C (Cudmore et Mandrak, 2004 ; Kottelat et Freyhof, 2007). Elle se nourrit régulièrement entre 10 et 16°C, avec un optimal de consommation entre 21 et 30°C (Masser, 2002). Dans les conditions optimales, la carpe herbivore adulte peut consommer plus de plantes aquatiques que leur propre poids par jour (Pípalová, 2006). Par exemple, à 20°C, une carpe herbivore consomme environ 50% de son poids en plantes (Galveston Bay Foundation, 2002).

A 22°C, la carpe herbivore peut consommer entre 100 et 200% de son poids, voire jusqu'à 300% par jour (Galveston Bay Foundation, 2002). Cependant, la valeur nutritive des végétaux est faible et le taux de conversion est tel qu'il faut ingérer 50 kg de plantes aquatiques pour assurer une croissance de 1 kg (Bruslé et Quignard, 2001). En outre et de manière contre-intuitive, la carpe herbivore a un système digestif peu performant en ce qui concerne les plantes (Galveston Bay Foundation, 2002). Elle assimile moins de 50% de la matière végétale qu'elle consomme et excrète le reste partiellement digéré. Ces déchets organiques retournent dans l'environnement et peuvent contribuer à une eutrophisation et par la suite à une chute de l'oxygène dissous et à la mort de poissons (Galveston Bay Foundation, 2002).

## Synthèse bibliographique

Tableau 1: Liste des espèces préférentiellement consommées par la carpe herbivore en Europe, classées par ordre de préférence (Codhant et Dutarte, 1992 ; Pípalová, 2002).

Préférence	Espèce	Nom commun*	Types
1	<i>Cladophora globulina</i> Kütz	Cladophores	Algue filamenteuse
2	<i>Eleocharis acicularis</i> (L.)	Scirpe aiguille	Macrophyte
3	<i>Potamogeton pectinatus</i> L.	Potamot pectiné	Macrophyte
3	<i>Potamogeton pusillus</i> L.	Potamot fluet	Macrophyte
4	Lemnaceae		Macrophyte
5	<i>Elatine hydropiper</i> L.	Elatine poivre d'eau	Macrophyte
5	<i>Ranunculus trichophyllus</i> Chaix	Renoncule lâche	Macrophyte
5	<i>Sparganium emersum</i> Rehm	Rubaniér émergé	Macrophyte
6	<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	Cornifle immergé	Macrophyte
6	<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	Myriophylle en épi	Macrophyte
7	<i>Spirogyra</i> sp.	Spirogyre	Algue filamenteuse

\*donné à titre indicatif car variable en fonction des auteurs.

Tableau 2 : Liste des espèces préférentiellement consommées par la carpe herbivore en Amérique du Nord, classées approximativement par ordre de préférence (d'après Cudmore et Mandrake, 2004).

Préférence	Espèce	Nom commun*	Types
1	<i>Elodea canadensis</i>	Elodée du Canada	Macrophyte
2	<i>Ceratophyllum demersum</i>	Cornifle immergé	Macrophyte
3	<i>Chara</i> spp	Characée	Algues filamenteuse
4	<i>Lemna minor</i>	Petite lentille d'eau	Macrophyte
5	<i>Potamogeton natans</i>	Potamot nageant	Macrophyte
6	<i>Lemna trisulca</i>	Lentille d'eau à 3 lobes	Macrophyte
7	<i>Myriophyllum</i> sp	Myriophylle	Macrophyte
8	<i>Potamogeton pectinatus</i>	Potamot pectiné	Macrophyte
9	<i>Typha latifolia</i>	Massette à larges feuilles	Macrophyte
10	<i>Phragmites communis</i>	Roseau commun	Macrophyte
11	<i>Juncus effusus</i>	Jonc diffus	Macrophyte
12	<i>Carex nigra</i>	Laïche sombre	Macrophyte
13	<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	Hydrocharis morène	Macrophyte
14	<i>Nasturtium officinale</i>	Cresson de fontaine	Macrophyte
15	<i>Potamogeton lucens</i>	Potamot brillant	Macrophyte
16	<i>Carex pseudo-cyperus</i>	Laïche faux souchet	Macrophyte

\*donné à titre indicatif car variable en fonction des auteurs.

### 3.1.5 Croissance

La carpe herbivore peut atteindre 80 à 90 cm à l'âge adulte, voire 120 cm (Kottelat et Freyhof, 2007) ; le record étant de 150 cm. Le poids des adultes varie généralement entre 5 et 10 kg (Teletchea et al., 2007), mais peut atteindre les 32 kg (Kottelat et Freyhof, 2007), voire 35-40 kg (Billard, 1997 ; FAO, 2009-2011a) ou plus (Cudmore et Mandrak, 2004). La plupart des carpes herbivores sauvages vivent entre 5 et 11 ans dans le fleuve Amour, mais peuvent atteindre plus de 30 ans (Cudmore et Mandrak, 2004).

La croissance est rapide puisqu'elle atteint un poids de 10 à 12 kg à 4 ans (Bruslé et Quignard, 2001). En outre, la carpe herbivore peut atteindre 1 kg après 1 année en élevage et grandit environ de 2-3 kg / an dans les zones tempérées et de 4,5 kg/an dans les zones tropicales (Shireman et Smith, 1983). De nombreuses croissances (taille ou poids) obtenues



dans divers environnements (Bassin Amour, Alabama, Arkansas, Floride, Inde, Malaisie) sont décrites par Shireman et Smith (1983).

### **3.1.6 Reproduction**

La carpe herbivore est typiquement un poisson gonochorique (Shireman et Smith, 1983). Les adultes présentent un dimorphisme sexuel pendant la saison de reproduction : des tubercules apparaissent sur les surfaces dorsales et médianes des nageoires pectorales chez les mâles ; ils sont aussi présents mais moins développés chez les femelles (Shireman et Smith, 1983 ; Naca, 1989). La maturité sexuelle est acquise à des âges compris entre 1 et 11 ans et à des tailles standards allant de 58 à 67 cm pour les femelles (Shireman et Smith, 1983). Les mâles sont matures en général 1 an avant les femelles à une longueur de 51 à 61 cm (Shireman et Smith, 1983). Les carpes herbivores introduites en zones tempérées aux Etats-Unis sont matures vers 4-5 ans (Cudmore et Mandrak, 2004), ainsi que les individus introduits dans la région du Terek (Abdusamadov, 1986). La fécondité absolue est très élevée puisque des femelles de 5 à 7 kg peuvent donner 500 000 œufs (Shireman et Smith, 1983 ; Cudmore et Mandrak, 2004).

La fécondité absolue de la carpe herbivore dans le bassin Amour est en moyenne de 820 000 œufs et varie de 237 000 à 1 687 000 œufs (Gorbach, 1972). Elle est en moyenne de 756 000 œufs pour les individus introduits dans la région de Terek (Abdusamadov, 1986). La fécondité relative est d'environ 110 000 œufs par kilogramme de femelle (Gorbach, 1972 ; Shireman et Smith, 1983).

La saison de reproduction est marquée et limitée en zone tempérée, principalement de Mai à Août et devient plus étendue en zone tropicale (Shireman et Smith, 1983). Lorsque la température de l'eau atteint 15-17°C, les adultes commencent leurs migrations vers l'amont (Shireman et Smith, 1983). Il a été aussi montré que si la température de l'eau descend en dessous de 17°C, la ponte s'arrête et les œufs déjà pondus commencent à mourir (Krykhtin et Gorbach, 1982). Dans l'aire de répartition d'origine, la reproduction a lieu durant la mousson (Shireman et Smith, 1983). Le niveau d'eau augmente rapidement, la température varie entre 20 et 30°C (Shireman et Smith, 1983 ; Dabbadie, 1994) et la force du courant est comprise entre 0,7 et 1,4 m/sec (Krykhtin et Gorbach, 1982). Ainsi, une augmentation du niveau d'eau de plus d'un mètre en moins de 12 heures semble nécessaire pour activer la ponte (Krykhtin et Gorbach, 1982 ; Cudmore et Mandrak, 2004). A noter que l'augmentation de la turbidité pourrait ne pas être un facteur initiant la ponte (Krykhtin et Gorbach, 1982 ; Shireman et Smith, 1983). De plus, la longueur du fleuve est très importante, car elle conditionne fortement le succès de la reproduction, à la fois pour la préparation physiologique des adultes et le développement des œufs et des larves (Shireman et Smith, 1983). D'une manière générale, il faut près d'une centaine de km de fleuves (Shireman et Smith, 1983). En effet, les œufs peuvent dériver entre 50 et 180 km avant que les larves n'éclosent (Masser, 2002). Cependant, il a été montré que le développement des œufs pouvait se faire à de plus faibles vitesses de courant, ce qui autoriserait une distance minimale de cours d'eau de 16 km pour une température d'incubation de 27°C (Codhant et Dutartre, 1992). Une fois écloses, les larves doivent pouvoir trouver des zones de nurserie avec de la végétation à une bonne distance en aval de la zone de reproduction (Shireman et Smith, 1983).

### 3.1.7 Prédateurs

Les premiers stades de vie peuvent être consommés par divers invertébrés, comme des copépodes, hémiptères ou coléoptères (Shireman et Smith 1983 ; Cudmore et Mandrak, 2004). Les individus de plus grande taille peuvent être consommés par divers poissons piscivores, comme le black-bass (*Micropterus salmoides*), le brochet (*Esox lucius*), le sandre (*Sander lucioperca*) (Shireman et Smith, 1983). Les grenouilles (*Rana spp.*), les serpents aquatiques (*Sinonatrix piscator* ; *Enhydris chinensis*), les hérons (*Ardeola schistaceus*) ou les loutres peuvent aussi consommer des carpes herbivores à toutes les tailles (Shireman et Smith 1983 ; Cudmore et Mandrak, 2004).

## 3.2 *Hypophthalmichthys molitrix* (carpe argentée)

### 3.2.1 Aire de répartition

La carpe argentée est originaire des grands fleuves du sud de l'Asie de l'Est de la Chine et de l'extrême Est de la Russie qui se jette dans l'océan Pacifique. Selon Kolar et al., (2005), Certaines populations sont introduites dans le Nord du Vietnam. Ainsi, l'aire de répartition d'origine de la carpe argentée s'étend de 22°N à 54°N dans l'Est de l'Asie. Cette espèce aurait été introduite dans 95 pays. Le devenir de ces introductions est peu connu.

### 3.2.2 Morphologie

La carpe argentée *Hypophthalmichthys molitrix* (Valenciennes, 1844) possède un corps allongé et comprimé latéralement, recouvert de très nombreuses petites écailles (photo 2). La ligne latérale est complète et nettement infléchie dans sa partie antérieure. Le dos est sombre, avec des flancs et un ventre argenté. Les nageoires pectorales sont placées très bas sur l'animal et sont longues. Les nageoires pelviennes sont implantées en position abdominale, juste en avant de la dorsale. La nageoire dorsale est très courte et haute, alors que la nageoire anale est longue avec un bord libre concave. Le pédoncule caudal est étroit et porte une large nageoire caudale fourchue. La tête est très large et dépourvue d'écailles. La bouche est petite et supère. L'œil est assez petit et situé sous la ligne médiane du corps.



*Photo 2: Vue latérale gauche de la Carpe argentée élevée à la station Deroua*

### **3.2.3 Habitat**

La carpe argentée fréquente naturellement les eaux calmes et tièdes (Bruslé et Quignard, 2001), des rivières, lacs, étangs et réservoirs (Kolar et al., 2005). Elle est peu exigeante en oxygène dissous (Bruslé et Quignard, 2001), ainsi elle peut supporter des taux d'oxygène voisins de zéro pendant de courtes périodes, bien que l'oxygénation permettant d'assurer de bonnes conditions de croissance se situe au-dessus de 4 mg/l (Domaizon et Devaux, 1999). Elle peut vivre dans des eaux saumâtres (salinité entre 5 et 12‰) selon le stade développement (Kolar et al., 2005). Dans son aire de répartition d'origine, elle fréquente, pendant la période de nourrissage, les eaux peu profondes (0,5 – 1 m) et chaudes (> 21°C) des eaux calmes des fleuves, des lacs et les zones inondées avec des courants faibles (Kolar et al., 2005 ; MPO, 2005 ; Kottelat et Freyhof, 2007). Elle préfère les zones ouvertes et bien eutrophisées et occupe les zones supérieures et moyennes dans la colonne d'eau (Kolar et al., 2005), nageant le plus souvent juste en dessous de la surface (FAO, 2009-2011b). Lorsqu'elle est stressée, elle peut faire des bonds très impressionnants hors de l'eau et parfois sérieusement blesser les plaisanciers (MPO, 2005 ; FAO 2009-2011b).

Kolar et ses collaborateurs en 2005 ont apportés des données assez importantes sur la croissance de la carpe argentée en fonction de la température et les saisons. En effet, cette espèce est capable de vivre dans des températures allant de 16 à 40°C, avec un optimum situé aux alentours de 26 à 30°C et de résister même à des températures proches de 0°C. La limite de la température supérieure létale pour les larves âgées de 3 à 28 jours est de 43,5 à 46,5°C. Des données préliminaires obtenues dans le fleuve Missouri indiquent que la carpe argentée est active en hiver. Cette activité diminue lorsque la température de l'eau est inférieure à 4°C et peu de mouvement à 2°C.

### 3.2.4 Régime alimentaire

La carpe argentée se nourrit uniquement de phytoplancton jusqu'à une taille de 1,5 mm environ (Kottelat et Freyhof, 2007). Ensuite, elle filtre l'eau et se nourrit de phytoplancton (Diatomées, Dinoflagellés), de Cyanobactéries (*Oscillatoria*, *Aphanizomenon*, *Microcystis*, etc.) et de zooplancton (rotifères, petits crustacés, cladocères) (Billard, 1997 ; Bruslé et Quignard, 2001 ; MPO, 2005 ; FAO 2009-2011b). Les algues semblent très peu digérées par ce poisson, même si plusieurs espèces de Cyanobactéries seraient bien assimilées (Domaizon et Devaux, 1999). Divers éléments de détritit sont aussi ingérés (Bruslé et Quignard, 2001 ; Kolar et al., 2005 ; FAO 2009-2011b). La taille des particules pouvant être ingérée par la carpe argentée peuvent dans certains cas être plus petite que 3-10  $\mu\text{m}$ , même si la taille de 10  $\mu\text{m}$  semble le plus souvent la taille limite (Kolar et al., 2005). Cette sélectivité semble relativement constante au cours de la croissance, car la taille des pores du filtre ne change pas (Domaizon et Devaux, 1999). La carpe argentée est un filtreur par pompage, les proies sont capturées par suctions buccales (Domaizon et Devaux, 1999). Ainsi, c'est un prédateur passif de zooplancton et un brouteur passif de phytoplancton (Domaizon et Devaux, 1999).

La carpe argentée peut consommer jusqu'à 140% de son poids vif par jour au stade alevins, 30% lorsqu'elle fait 63 mg et remonter jusqu'à 63% pour des individus de 70-166 mg (Kolar et al., 2005). Les carpes argentées de plus grandes tailles consomment en général environ 20% de leur poids par jour (Kolar et al., 2005). En élevage, il n'est en général pas nécessaire de fournir de l'aliment formulé (FAO, 2009-2011b).

L'alimentation de la carpe argentée diminue fortement lorsque la température de l'eau est  $<15^{\circ}\text{C}$  et cesse presque complètement lorsqu'elle est  $< 8-10^{\circ}\text{C}$  (Kolar et al., 2005). A  $20^{\circ}\text{C}$ , la carpe argentée filtre l'eau et les particules en suspension à une cadence maximale de 18 à 25 litres (Domaizon et Devaux, 1999).

### 3.2.5 Croissance

La carpe argentée mesure de 40 à 60 cm et peut dépasser 1 m (Billard, 1997 ; Bruslé et Quignard, 2001 ; Kottelat et Freyhof, 2007). La carpe argentée peut atteindre 40 kg (Billard, 1997 ; MPO, 2005), voire 50 kg (Kottelat et Freyhof, 2007), mais atteint plus généralement 10 kg en Europe (Barbier, 2001a). Elle semble vivre une dizaine d'année, voire 20 ans (Kolar et al., 2005). Les températures optimales pour la croissance de cette espèce sont comprises entre  $20-28^{\circ}\text{C}$  (Bruslé et Quignard, 2001) et  $24-31^{\circ}\text{C}$ , voire  $30-34^{\circ}\text{C}$  selon les auteurs (Kolar et al., 2005). La croissance peut-être très rapide, par exemple, la carpe argentée peut atteindre 1 kg de 55 jours à 5 mois d'élevage (Kolar et al., 2005).

### 3.2.6 Reproduction

Il semble possible de distinguer les mâles des femelles en se basant sur des petites structures qui se développent uniquement sur les premiers rayons des nageoires pectorales des mâles et qui sont présents tout au long de leur vie (Naca, 1989 ; Teletchea et al., 2007). La maturité sexuelle est acquise à des âges compris entre 2 et 6 ans, le plus souvent entre 4 et 5 ans (Abdusamadov, 1986 ; Kolar et al., 2005). D'une manière générale, les mâles sont

matures une année avant les femelles (Abdusamadov, 1986 ; Kolar et al., 2005). La maturation de la carpe argentée est fonction de la température, nécessitant 1,000 degrés-jours à 15°C et 500 degrés-jours à 30°C (Kolar et al., 2005). La fécondité absolue de la carpe argentée est élevée et peut atteindre plus de 5 millions d'œufs pour certaines femelles (Kolar et al., 2005). La fécondité absolue varie fortement en fonction des zones géographiques et surtout en fonction de la taille des poissons, par exemple 597 000 et 4 329 600 œufs par femelles pour des poissons de 6,4 et 12,1 kg respectivement (Kolar et al., 2005). Les femelles introduites dans la région du Terek ont en moyenne 812000 œufs (Abdusamadov, 1986).

La période de migration vers les zones de ponte est relativement constante entre les diverses zone géographiques : de fin mai à début juillet pour la région du Terek dans le bassin de la mer Caspienne, de mi-mai à mi-juin en Arkansas, de juin à début d'août dans le fleuve Amour (Kolar et al., 2005). 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). Lorsque la température de l'eau diminue en dessous de 17°C, la ponte cesse et les œufs déjà pondus commencent à mourir (Krykhtin et Gorbach, 1982). La carpe argentée se reproduit souvent après une augmentation brutale du niveau de l'eau (Krykhtin et Gorbach, 1982 ; Kolar et al., 2005). La ponte a lieu dans des zones où le courant est suffisamment fort (0,3 à 3,0 m/s) pour maintenir les œufs dans la colonne d'eau (Krykhtin et Gorbach, 1982 ; Kolar et al., 2005). 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). Il semblerait qu'une longueur minimale de 100 km soit nécessaire pour le développement des œufs et des larves. Des grands lacs connectés à des fleuves servent de zones de nurseries (Kolar et al., 2005). La reproduction de carpe argentée dans un réservoir a été décrite une seule fois en Inde (Kolar et al., 2005).

### **3.2.7 Prédateurs**

L'action de la prédation sur les taux de survie des alevins a été mise en évidence à la station de la Deroua après installation d'une clôture en toile moustiquaire. En effet, avant l'installation de cette clôture durant les campagnes 1990 à 1992, les taux de survie ont été souvent médiocres. Les principaux prédateurs étaient les couleuvres et têtards de grenouille. L'installation de clôture a permis de réduire considérablement l'effectif des prédateurs envahissant les étangs et a ramené les taux de survie des alevins à des valeurs normales (Droussi, 1998).

## **3.3 *Cyprinus carpio* (carpe commune)**

### **3.3.1 Aire de répartition**

La carpe commune est à l'origine un poisson d'Asie répartie de la Mandchourie aux rivières du bassin de la Mer Noire. Elle fut probablement le premier poisson élevé en étang, il y a environ 2000 ans en Chine. Elle fut introduite en Europe par les romains et également aux Etat-Unis où sa prolifération fut fulgurante. Au Maroc, elle fut introduite en 1924. Une 2<sup>ème</sup> introduction à partir de la Hongrie a été faite en 1981. Actuellement, elle se trouve au niveau de plusieurs lacs et retenues de barrages Marocains. Elle fait aussi l'objet d'élevage au niveau des stations de pisciculture.

### 3.3.2 Morphologie

*Cyprinus carpio* présente un dos relativement élevé gris, noirâtre ou brunâtre, des flancs dorés ou roux, un ventre jaune clair et des nageoires paires rouges pâles lors du frai (photo 3). La robe est très variable en fonction de l'habitat, de la nature et de la profondeur des fonds. En effet, elle est plus claire dans les eaux oxygénées, peu profondes des fleuves et rivières. En revanche, dans les eaux stagnantes sombres et boueuses, elle est plus foncée.



*Photo 3: Vue latérale gauche de la carpe commune élevée à la station Deroua.*

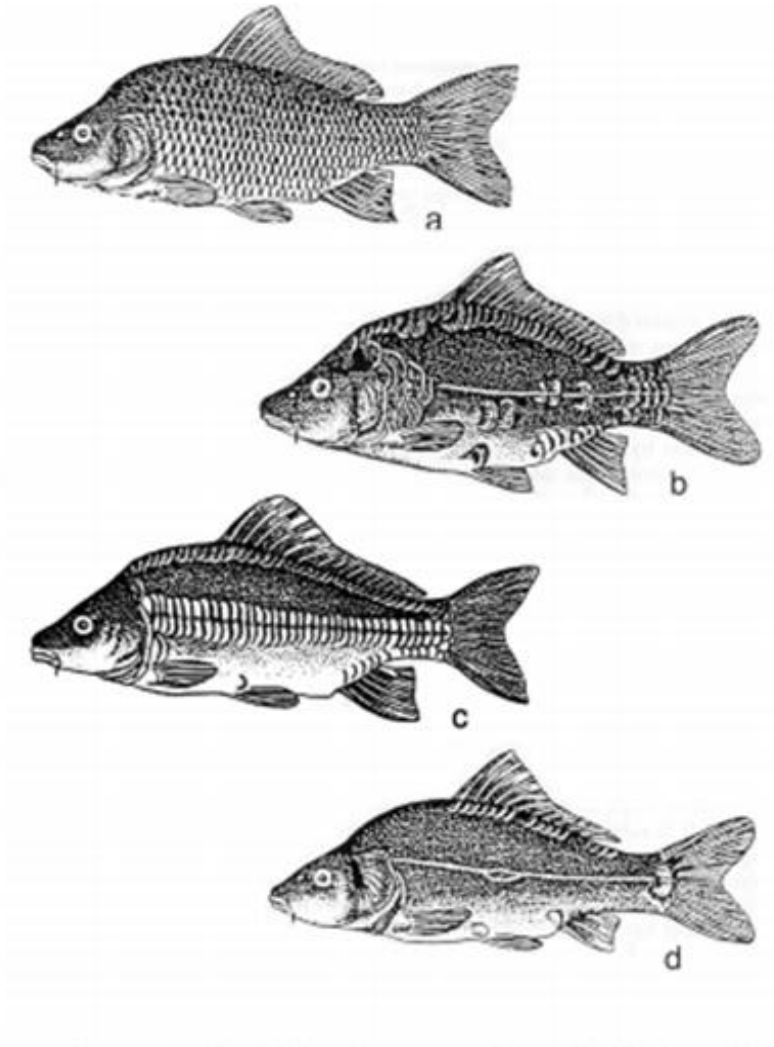
Dans sa vaste aire de distribution, la Carpe commune est présente sous différentes races locales qui diffèrent, non seulement par leur morphologie corporelle mais aussi par de nombreuses autres caractéristiques physiques tels que le nombre de vertèbres, le nombre de branchiospines (branchio-cténidies), le type d'écaillage ou encore par des différences éthologiques marquées.

Plusieurs variétés de carpe commune se sont développées, avec des formes d'écailles et une silhouette différentes.

Concernant l'écaillage, on distingue plusieurs appellations dont le déterminisme est génétique. Deux gènes sont en causes : S (scaly) et N (Nude). Les variations de ces gènes donnent la classification de Kirpichnikov (1981) représentée sur la figure 5:

- Les carpes dites écailles, dont le corps est totalement recouvert d'écailles relativement uniformes et disposées parallèlement à la ligne latérale.
- Les carpes dites miroir, dont le corps est partiellement recouvert d'écailles rarement identiques et dont la disposition aléatoire varie d'un poisson à l'autre.
- Les carpes à écaillage linéaire, dont le corps est dépourvu d'écailles excepté la ligne latérale, la ligne dorsale et la base de la queue qui portent des écailles souvent uniformes.

- Les carpes dites cuir, dont le corps est totalement dépourvu d'écaille (ou presque). La peau lisse, de couleur variable, présente la ligne latérale comme seul relief.



*Figure 5: Variations des écaillages chez *Cyprinus carpio* selon Kirpichnikov (1981)*

- (a) SSnn et Ssnn : Carpe écaille
- (b) Ssnn : Carpe miroir
- (c) SSNn et SsNn : écaillage linéaire
- (d) ssNn : carpe cuir ou nue

Les 2 variétés de la carpe commune élevées au niveau de la station de pisciculture de la Deroua sont la carpe commune écaille et la carpe commune miroir.

### **3.3.3 Habitat**

La carpe commune vit dans les eaux lentes ou stagnantes à fond sablo-vaseux et riche en végétation. C'est un poisson aujourd'hui très répandu, à la fois dans les rivières, les étangs

et les lacs. La carpe affectionne les eaux calmes et chaudes et supporte des grands écarts thermiques (1°C à 35°C).

La Carpe a traversé l'Orient pour venir coloniser les eaux russes du Danube, eaux froides et oxygénées dans lesquelles elle s'est épanouie et reproduite (Balon, 1969). Dans l'antiquité, le commerce des carpes sauvages du Danube a rapidement conduit à leur implantation en Europe occidentale.

En France et dans les pays limitrophes, la Carpe a pris une importance considérable dans le milieu halieutique. En effet, les pêcheurs européens recherchent les sensations et se tournent naturellement vers la Carpe, poisson de sport par excellence. La naissance de nombreuses pêcheries privées ont stimulé la cypriniculture. La Carpe est omniprésente dans les plans de repeuplement ou de ré-empeuplement de plans d'eau français.

#### **3.3.4 Régime alimentaire**

L'alimentation est sa principale activité. Dans son milieu naturel, la prédation l'amène à consommer des proies diverses. Elle grossit en augmentant sa masse musculaire et c'est pourquoi, les nombreuses études qui ont permis de définir précisément ses besoins alimentaires sont basés sur la composition biochimique du muscle et ses variations en fonction du régime alimentaire. Les larves se nourrissent de vitellus, réserve mise à leur disposition dans l'œuf. La résorption vitelline dure entre 60 et 70 jours. Dès l'ouverture de l'orifice buccal, les larves peuvent s'alimenter.

Concernant la prise alimentaire, il faut savoir qu'une densité de poissons accrue favorisera l'ingestion des aliments, certainement grâce au phénomène de compétition alimentaire. Les expériences de Charlon et Bergot (1984) indiquent qu'il est possible de nourrir les larves de la carpe commune avec des aliments secs, dès les premiers stades d'alimentation spontanée.

Un facteur influençant les besoins alimentaires est la teneur en oxygène dissous. Luquet et Kaushik (1986) ont démontré qu'il existe une relation positive entre la teneur en oxygène de l'eau et le gain de poids. Cette teneur en oxygène varie avec la densité et la biomasse des poissons.

Une fois la cavité buccale présente, l'alevin de la carpe commune se nourrit de proies adaptées à sa taille (Billard, 1995a) (Tableau 3).



Tableau 3: Diversité des proies vivantes pour alevins de la carpe commune (Billard, 1995a).

Alevin Age (en jours)	Principales proies alimentaires	Temps nécessaire au développement des proies (en jours)
1-11	Protozoaires, rotifères, petits crustacés.	5-7
11-18	Crustacés (petits et moyens), larves d'insectes	10-15
19-33	Gros crustacés, larves d'insectes	15

Les petites espèces (moins de 1,5mm) regroupent certaines espèces de cladocères (*Daphnia longispina* et *Bosmina longirostris*), larves de copépodes « nauplius », rotifères. Quant aux espèces de grandes tailles, ce sont des représentants de la famille des cladocères (*Daphnia magna* et *Daphnia pulex*) et des copépodes adultes. Au cours du filtrage de l'eau respiratoire, l'alevin de la Carpe ingère aussi des particules phytoplanctoniques.

Les résultats des analyses pratiquées sur les contenus de tubes digestifs de carpes communes capturées ont conduit à la conclusion que *Cyprinus carpio* est un poisson omnivore à tendance carnivore. Le tableau 4 présente les analyses qualitatives des substances trouvées dans le contenu intestinal de poissons suivant deux études réalisées par Paen (1918 et 1922) et Struther (1929 et 1932). La comparaison entre les pourcentages de matières animale et végétale est significative. Le total des pourcentages n'égale pas 100% car certains composés n'ont pu être identifiés.

Tableau 4 : Comparaison de la proportion animal-végétal dans le régime alimentaire de la carpe selon Paen (1918 et 1922) et Struther (1929 et 1932).

Référence	Nombre de carpes adultes	Proportion de matériel animal (%)	Proportion de matériel végétal (%)
Paen 1918	42	90	6
Paen 1922	1	87	3
Strurher 1929	42	69	31
Struther 1932	167	90,92	4,64

### 3.3.5 Croissance

Le poids des carpes est fonction de l'âge mais surtout de la biodisponibilité alimentaire du milieu. Schaperclaus(1962) estime qu'un carpillon d'un été pèse en moyenne 30g. Dans un étang riche, ce dernier peut atteindre 500g. Dans la nature, une carpe ne pèse deux kilogrammes qu'à l'âge de 4 ans alors qu'en pisciculture les poissons atteignent ce poids en 2 ans.

A l'âge d'un an, le carpillon pèse entre 250 et 400 g. Au terme de la deuxième année, leur poids est de 600 à 1200 g. En cypriniculture, la taille commerciale varie en fonction des pays. En général, on considère qu'un poisson sera vendu entre 2 et 3 ans, soit à un poids de 600 à 3000 g. La figure 6 représente la courbe de croissance de *Cyprinus carpio*, les 4 premières années de sa vie (Timmermans, 1989).

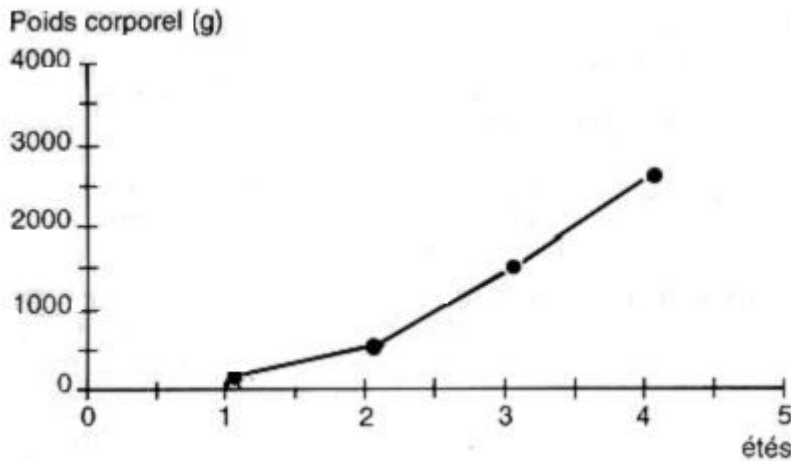


Figure 6: Courbe de croissance de *Cyprinus carpio* (Timmermans 1989)

La croissance des carpes est dépendante des caractéristiques du biotope. Deux facteurs limitent les performances de croissance : la température et la teneur en oxygène dissous. La température agit sur le coefficient de rétention de l'azote, et donc, sur la croissance pondérale des poissons. En revanche, pour des températures croissantes, la croissance stoppe et stagne. Chaque espèce de poisson présente des températures optimales de croissance et des températures critiques inférieures et supérieures. Ces dernières définissent une fourchette dans laquelle la croissance est effective et à l'extérieur de laquelle la croissance est remise en cause. Pour des séjours prolongés à l'extérieur de cette fourchette de températures, la survie même du poisson peut être compromise.

### 3.3.6 Reproduction

La reproduction est aujourd'hui maîtrisée en élevage. L'œuf pondu dans les frayères présente un temps d'incubation variable en fonction des conditions du milieu. Idéalement, les pisciculteurs placent les œufs pendant une dizaine de jours dans une eau de 22 à 24°C, optimale pour le développement des embryons. A l'éclosion, les larves restent immobiles, fixées, pendant 1,5 jour. Leur survie est assurée par la résorption vitelline. Puis elles se détachent et nagent librement : la bouche est ouverte et elles sont capables de s'alimenter. Elles se nourrissent de particules de plus en plus volumineuses : au trentième jour, elles ingèrent des miettes de 0,5 mm de diamètre. Au cinquantième jour d'élevage, les juvéniles mesurent 2-3 cm. A ce stade, les pisciculteurs les prélèvent et réempoissonnent les étangs dits « de grossissement ».

### **3.3.7 Prédateurs**

Il est très probable que les petits individus soient consommés, mais l'intensité de cette prédation n'est pas connue (Kolar et al., 2005).

Au niveau de la station de pisciculture de la Deroua, l'origine des eaux de remplissage des étangs de production est un autre facteur qui contribue à la réussite ou à l'échec des opérations d'alevinage. Malgré la préparation minutieuse que subit l'étang avant l'introduction d'alevins, les eaux provenant du barrage Bine Elouidane véhiculent beaucoup d'insectes aquatiques, de grenouilles et tortues. Les insectes aquatiques sont des prédateurs de première classe pour les jeunes alevins déversés dans les étangs. Les insectes semi-aquatiques sont difficiles à éliminer car ils volent d'un étang à l'autre (Droussi, 1998).

## **4. Physico-chimie de l'étang**

La qualité de l'eau et ses caractéristiques physico-chimiques jouent un rôle essentiel dans la productivité en matière vivante et la production piscicole (Boyd 1979 et 1985a). Ainsi, le compartiment végétal (mesuré par le phytoplancton, la chlorophylle *a* et le disque de Secchi), est retenu pour estimer la production piscicole, aussi bien en élevage extensif (Barbe et al., 1999) qu'en élevage intensif (Almazan, 1977).

Les plans d'eau et étangs peuvent avoir un impact sur la qualité de l'eau. Ce sont essentiellement des paramètres physico-chimiques comme la température, le pH, l'oxygène dissous, l'azote, le phosphore et les matières en suspension qui sont suivis. Ils n'auront pas les mêmes effets en période d'exploitation et en période de vidange.

### **4.1 Lumière**

Un système d'écoulement à partir du fond de l'étang peut permettre de minimiser l'intensité lumineuse. En effet, pour des étangs de plus d'1,50 m à 2 m de profondeur, des gradients thermiques apparaissent (Gonay et Lafforgue, 1997) et peuvent être plus ou moins importants en fonction de la profondeur, des paramètres climatiques comme le vent et des caractéristiques de l'étang (Boyd, 1985b).

### **4.2 Température**

Les rythmes biologiques des poissons, animaux poikilothermes, sont fortement influencés par la température du milieu ambiant. En effet, la température affecte considérablement la vitesse des réactions chimiques et biologiques. Selon la loi de Van Hoff, ces réactions doublent si la température augmente de 10 °C. En écloserie, la température influence la réponse des géniteurs à l'injection hormonale, la durée d'incubation des oeufs et la survie des larves et des alevins.

Il a été noté que la température influence la taille des larves à l'éclosion, le taux d'absorption et d'assimilation des réserves vitellines, la croissance, la vitesse de nage des alevins, la digestion et le taux d'excrétion des déchets (Blaxter, 1988). Heming et Buddington (1988) ont montré que la température influence le taux d'absorption et d'assimilation du sac vitellin. Ce taux augmente avec la température dans la gamme de tolérance thermique de

l'espèce. Lorsque la limite supérieure est approchée, le taux d'absorption diminue à cause du ralentissement des processus métaboliques.

Au niveau de la station de la Deroua, la température des eaux souterraines (eau de remplissage des étangs) oscille entre 19 et 20 °C. Cette gamme de température, assez élevée, est proche des exigences thermiques des carpes chinoises. Elle permet une grande économie d'énergie lors de l'utilisation du système de thermorégulation des eaux. En effet, la température des eaux d'écloserie doit être maintenue entre 22 et 24 °C.

### 4.3 pH

Beaucoup de travaux montrent une tendance générale à l'augmentation du pH bien que quelques diminutions aient pu être observées (Malval, 1998). Cette augmentation peut s'avérer intéressante dans des zones à terrains acides (Boutet-berry, 2000; Margolis, 2001 ; Schlumberger, 2002). La valeur du pH commande l'équilibre entre le CO<sub>2</sub> et les formes carbonatées. Le CO<sub>2</sub> en grande concentration (seuil 10 mg/l) peut devenir toxique pour les poissons (Belaud, 1996). Si le pH est inférieur à 5, les poissons ne survivent pas. Entre 5 et 6, les poissons ne se reproduisent pas (Valdeyron, 1993).

Au niveau des plans d'eau en général, les variations de pH sont globalement faibles (0,5 unité de pH en moyenne) et leur amplitude est fonction notamment de la minéralisation des eaux et de la végétation (Boutet berry, 2000). Les eaux faiblement minéralisées et ayant des taux de calcium inférieurs à 25 mg/l présentent un faible pouvoir tampon et accusent au cours d'un cycle journalier de fortes variations de pH sous l'action de la photosynthèse (Stumet Morgan, 1991 ; Le Louarn et Bertru, 1991). Les mécanismes de la photosynthèse engendrent une augmentation de pH (Figure 7).

Dans les étangs piscicoles, les variations peuvent être un peu plus grandes. En fonction des caractéristiques de l'étang et du bassin versant, les valeurs sont comprises en général entre 6,5 et 9 (Schlumberger, 2002). Elles peuvent dépasser localement 9 en période estivale dans des barrages de cours d'eau (Franciscoet al., 1999) en particulier quand les eaux sont pauvres en bicarbonates et en période intense de photosynthèse (Valdeyron, 1993). Le principal danger de trop grandes valeurs de pH (aggravées par une augmentation de la température et une faible teneur en oxygène) vient d'une modification de la forme d'azote ammoniacale vers la forme non ionisée c'est à dire en ammoniac NH<sub>3</sub>. Cette forme NH<sub>3</sub> est toxique pour les poissons (Bremondet Vuichard, 1973; Poirelet al., 1994 ; Belaud, 1996) notamment pour des valeurs supérieures à 0,02 mg/l même si plusieurs espèces peuvent résister à des valeurs plus élevées comme la truite arc en ciel *Oncorhynchus mykiss* (0,13 mg/l), la perche *Perca fluviatilis* (0,35 mg/l), le gardon *Rutilus rutilus* (0,42 mg/l) et la carpe commune *Cyprinus carpio* (0,6 mg/l) (Alabaster et Lloyd, 1980, Marcel, 1996).

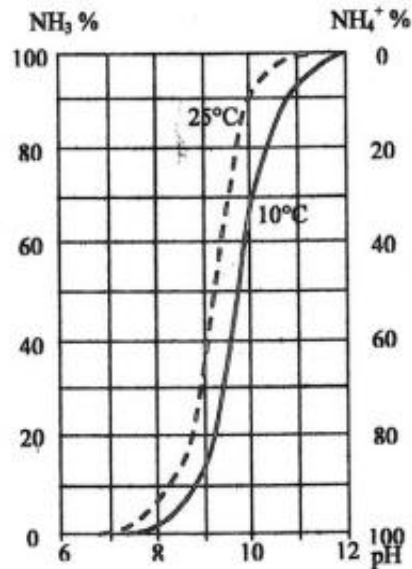


Figure 7: Diagramme de Woker présentant la répartition des formes  $\text{NH}_3$  et  $\text{NH}_4^+$  en fonction du pH et de la température.

La présence ou l'apport d'amendements calciques (apports de bases) ainsi que la diminution de la densité de poisson peuvent permettre de stabiliser le pH (Schlumberger, 2002). L'apport d'amendements calciques en pleine eau peut s'avérer intéressant et plus facilement réalisable qu'en phase d'assec pour stabiliser le pH (Shaperclaus, 1962 ; Schlumberger, 2002).

#### 4.4 Oxygène dissous

La teneur en oxygène dissous est très variable, d'un plan d'eau à l'autre. Compte tenu du courant, des cascades, une rivière sera plus oxygénée qu'une eau stagnante. Dans un étang, l'oxygène dissous est apporté par la photosynthèse. La mesure de ce paramètre est réalisable par diverses méthodes physiques ou chimiques. Aujourd'hui, des oxymètres portatifs facilitent les mesures. Luquet et Kaushik (1986) montrent une relation positive entre le taux d'oxygène dissous et la croissance. En alevinage, l'eau doit être à saturation en oxygène. En élevage, les valeurs maximales constatées dépassent 7 mg/l.

Des mesures sur des étangs en période estivale ont montré des concentrations d'oxygène allant de 10 à 12 mg/l en surface et diminuant vers le fond à des valeurs comprises entre 2 et 4 mg/l (Cadieu, 2002). Des valeurs plus faibles sont possibles.

L'apport d'oxygène peut être assuré par la végétation aquatique avec la photosynthèse (Figure 8), les précipitations, la grande surface d'échange gazeux par rapport à une relative faible profondeur, un brassage de l'eau soit naturel avec le vent ou artificiel sur de petits étangs via des aérateurs (Belaud, 1996; Schlumberger, 2002). En contre partie, la respiration des poissons et des végétaux et la dégradation de matières organiques consomment de l'oxygène. Cette consommation sera plus importante avec l'augmentation de la température (Belaud, 1996). En effet, la dissolution de l'oxygène augmente avec la pression et diminue avec la température. Les valeurs peuvent donc fluctuer rapidement sur un cycle journalier

mais sont en général compatibles avec la vie aquatique car elles s'inscrivent dans le cycle biologique de l'étang.

Les teneurs en oxygène sont maximales en fin d'après midi (photosynthèse) et sont minimales souvent en début de matinée et lors d'épisodes orageux (Belaud, 1996). La baisse du taux d'oxygène à la levée du jour vient principalement de la respiration nocturne des végétaux.

En plus de signes comportementaux du poisson (remontent à la surface), pour des valeurs inférieures à 1,5 mg/l, il y a risque de relargage du phosphore par le sédiment provoquant un déséquilibre du rapport N/P pouvant entraîner un développement de cyanobactéries indésirables (Bertru, 1980 ; Hasnaoui, 2001 ; Schlumberger, 2002 ; Combrouze, 2004).

Une diminution de la densité du cheptel et/ou la mise en place d'aérateurs peuvent limiter ces phénomènes (Schlumberger, 2002). A noter que les aérateurs doivent fonctionner plutôt la nuit. Dans certaines conditions climatiques (quand la pression partielle de l'eau est supérieure à celle de l'air), ils peuvent dégazer et désoxygéner l'eau (Belaud, 1996).

Dans la majorité des cas, en phase d'exploitation, l'impact sur la teneur en oxygène est inexistant sur le milieu aval s'il n'y a pas de communication permanente avec un cours d'eau.

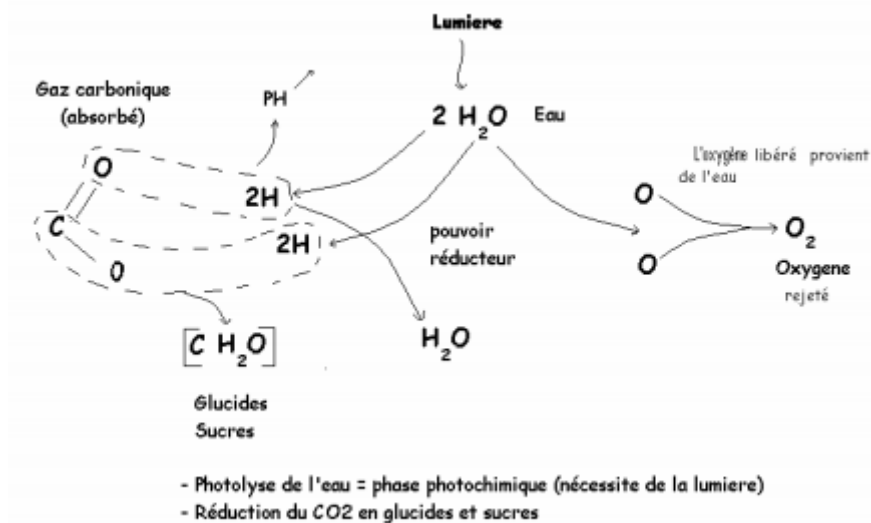


Figure 8: Mécanismes de la photosynthèse (Trintignac, 1998).

#### 4.5 Conductivité électrique

La conductivité électrique est une expression numérique de la capacité d'une solution à conduire le courant électrique, elle indique la minéralisation du milieu. La plupart des sels minéraux en solution sont de bons conducteurs. Par contre, les composés organiques sont de mauvais conducteurs.

#### 4.6 Eléments minéraux

La composition chimique de l'eau des étangs dépend essentiellement des caractères chimiques des terrains qu'elle traverse et de la végétation qui les recouvre. Plus les terrains traversés sont riches en sels minéraux et plus l'eau est alors dotée d'une forte productivité naturelle, grâce à la prolifération du phytoplancton et de certains végétaux supérieurs.

##### 4.6.1 L'azote

L'azote est présent dans les écosystèmes aquatiques sous trois formes:

- Moléculaire disponible pour l'activité microbienne et les cyanobactéries,
- Minérale présente dans l'eau ou les sédiments sous forme d'ions  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$  et  $\text{NO}_2^-$ ,
- Organique constituée par les organismes vivants ou morts.

Les apports d'azote en étangs peuvent provenir essentiellement :

- des précipitations atmosphériques,
- du bassin versant par ruissellement,
- de l'eau de remplissage en particulier sous la forme nitrate mais aussi sous la forme azote ammoniacale (Banas, 2001),
- de l'excrétion des poissons principalement sous forme d'ammonium (Braband et al., 1985),
- des fertilisants apportés pour améliorer la productivité de l'étang (Beaupied, 1980),
- des cyanobactéries capables de fixer l'azote moléculaire via leurs hétérocystes et de le transformer en azote ammoniacal.

Une partie de cet azote va être assimilée dans la chaîne trophique de l'étang. L'azote ammoniacal est la forme préférentielle d'assimilation de l'azote par le phytoplancton (Robert et Trintignac, 1997) alors que les macrophytes absorbent surtout les nitrates  $\text{NO}_3^-$  (Banas, 2001). L'absorption dans les étangs de pisciculture n'est pas synchrone avec la productivité (Labroue et al., 1995).

Un processus de minéralisation se met en place, la nitrification, avec une série d'étapes comprenant l'ammonification puis la nitritation (bactéries nitrifiantes genre *Nitrosomonas*) et la nitratation (bactéries aérobies genre *Nitrobacter*) qui conduiront l'azote organique vers des formes combinées minérales (Figure 9). Ensuite, en fonction de certains paramètres comme le rapport C/N, l'azote minérale sera assimilé par des microorganismes minéralisateurs ou relargué (Lesel, 1980 ; Golterman, 1984 ; Labroue et al., 1995).

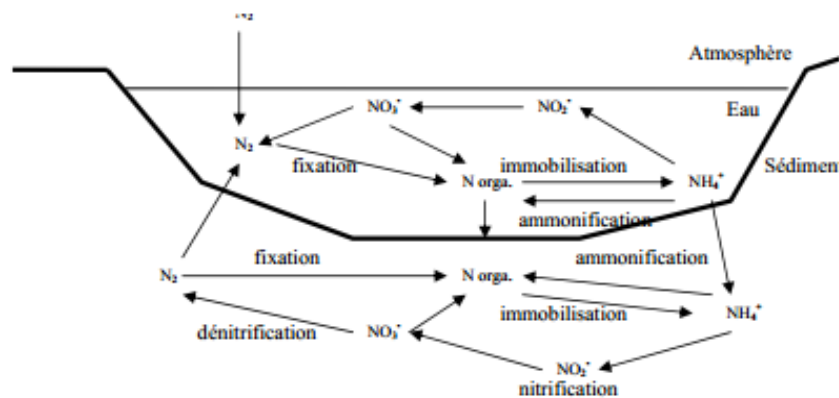


Figure 9: Cycle de l'azote en étangs (Beaupied, 1980).

Un autre processus permet de diminuer l'azote sous la forme nitrate c'est la dénitrification réalisée par des bactéries du genre *Pseudomonas* et *Bacillus* qui aboutit à la formation d'azote moléculaire (Gross et al., 1999; Banas, 2001). La dénitrification est favorisée dans les sédiments réducteurs et riches en matières organiques (Beaupied, 1980). Des études ont montré qu'en aquaculture intensive des ajouts de probiotiques type *Bacillus sp* permettent d'accélérer la décomposition de matières organiques et d'avoir eu des incidences positives sur d'autres paramètres physico-chimiques. Enfin, une partie de l'azote sera exportée lors de la vidange.

#### 4.6.2 Le phosphore

Le phosphore est à la fois un élément de base des acides nucléiques, à savoir l'ADN et l'ARN, et un constituant mobile primordial du métabolisme (ATP, ADP, AMP). C'est ainsi qu'il représente un élément biogène indispensable à la croissance des algues. Il est assimilé préférentiellement par les espèces phytoplanctoniques sous forme d'orthophosphates.

En plus d'une production autochtone, le phosphore peut être apporté par le bassin versant. En milieu aquatique, le phosphore est principalement présent sous forme soit particulaire liée à différents colloïdes ou cations soit soluble mais en proportion beaucoup plus faible (Banas, 2001). La fraction soluble (P-soluble < 0,45  $\mu m$ ) peut être considérée comme totalement biodisponible alors que la fraction particulaire ne l'est que partiellement (Barroin, 1990). La biodisponibilité du phosphore particulaire varie en fonction de la composition chimique des particules. Sous chaque forme, le phosphore est à la fois organique et minéral ce dernier étant plus abondant (Syerset al., 1973 ; Logan, 1982).

En milieu aquatique, le phosphore soluble se retrouve au niveau de la masse d'eau mais aussi dans l'eau interstitielle du sédiment (Despreaux, 1990). Le phosphore particulaire est stocké principalement dans les sédiments et peut être transporté sous forme de matière en suspension (Figure 10). Les mécanismes de sédimentation et de remise en suspension peuvent perturber l'état d'équilibre entre les phases dissoutes et particulaires par modification des capacités d'adsorption et de désorption du sédiment (Banas, 2001; Combrouze, 2004). Cette capacité d'adsorption du phosphore est dépendante du potentiel d'oxydo-réduction et du Ph



(Despreaux, 1990). Puisque l'eau interstitielle est généralement plus riche en forme soluble, si cette couche de sédiment est oxydée, l'hydroxyde ferrique accumulé précipite le phosphore à l'interface. Si cette couche est réduite (condition anoxique), le phosphore déjà fixé est relargué entraînant ainsi un enrichissement de la colonne d'eau (Labroue et al., 1995). L'enrichissement des eaux superficielles en phosphore peut être également la conséquence de la remise en suspension des sédiments du fond par le vent, par le comportement fouisseur de certaines espèces de poissons ou par l'activité humaine (Havens, 1991 ; Mainstone et al., 1993). Un enrichissement trop important provoque une pollution dont les conséquences s'apparentent à celles d'une pollution organique : l'eutrophisation (Barroin, 1990).

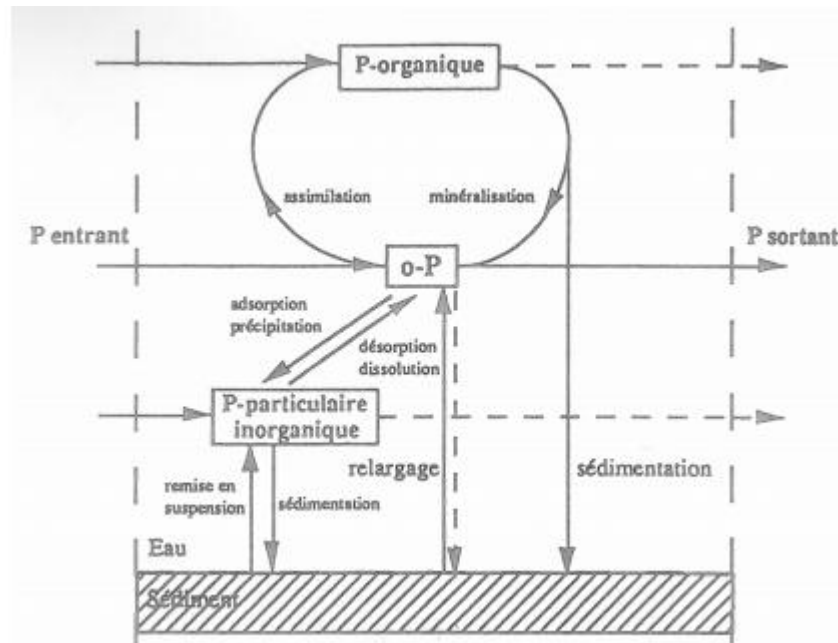


Figure 10: Cycle du phosphore dans un écosystème aquatique (Moutin, 1992).

Dans les eaux de surface, seule une faible fraction du phosphore total (de l'ordre de 10%) est sous forme minérale d'orthophosphates  $PO_4$  directement assimilable par les algues (Premazzi et Cardoso, 2001 ; Ammerman et al., 2003). Le reste est sous forme organique particulaire, colloïdale ou dissoute. Le phosphore utilisé par les algues en milieu naturel est donc un phosphore essentiellement recyclé. Sa minéralisation par les bactéries à partir de la matière organique est rapide (contrairement à celle de l'azote qui réclame plusieurs étapes bactériennes).

Une partie du phosphore va être assimilée dans la chaîne trophique de l'étang. Les algues vont absorbées préférentiellement l'orthophosphate ( $PO_4$ ) libre (Golterman, 1995, Labroue et al., 1995). Le phosphore sous sa forme orthophosphate sera d'autant moins soluble que le milieu est riche en calcium (Schlumberger, 2002) d'où l'importance, quand c'est nécessaire, de l'apport d'un amendement calcique. Les hélrophytes et les macrophytes puisent leur phosphore essentiellement dans les sédiments (Barko et Smart, 1980 ; Mainstone, 1993; Labroue et al., 1995) et le rendent moins disponible en oxygénant le milieu. L'excrétion de phosphore par les plantes est sujette à controverse. Labroue et al. (1995) précise que le relargage par les parties vivantes est faible, au contraire des parties mortes dont 45 à 80% du

phosphore peut être lessivé en quelques jours. Le plus important, c'est le ratio azote phosphate qui conditionne en particulier le risque de développement de cyanobactéries en association avec une turbidité de l'eau, une température et un pH élevé (Banas, 2001, Schlumberger, 2002).

Banas (2001) a calculé à partir de 6 étangs de 2 à 620 hectares une capacité de rétention du phosphore total de 1,6 à 8,7 Kg/ha.

L'apport de calcium provoque la dissolution du phosphore. De même, l'addition de nitrate limite la mobilisation du phosphore à partir des sédiments (Hasnaouiet al., 2001, Schlumberger, 2002).

En eau douce, le phosphore a été reconnu très tôt et internationalement comme facteur limitant naturel de la production végétale aquatique (Carbiener, 1990 ; Barroin, 1999, 2003 et 2004).

Présent en faible quantité dans les milieux aquatiques par rapport aux autres éléments biogènes, le phosphore limite fréquemment la production primaire. Il apparaît comme le facteur limitant le plus fréquent dans les eaux douces et dans divers écosystèmes (Sommer, 1989). Les orthophosphates ( $PO_4^{3-}$ ), forme minérale soluble, constituent la source majeure du phosphore utilisé par le phytoplancton à des concentrations parfois très faibles. Dans les milieux aquatiques, les orthophosphates sont rapidement assimilés par les végétaux mais aussi rapidement recyclés (Pourriot et Meybeck, 1995).

## **5. Communautés planctoniques**

### **5.1 Définition du plancton**

Le plancton a été défini scientifiquement par Hensen (1887) pour caractériser l'ensemble des organismes vivants qui flottent dans les eaux, pour être ensuite popularisé par Alain Bombard après sa traversée solitaire de l'atlantique à bord de l'Héritique en 1952. Mais ce terme manquait de précision et sa définition a été maintes fois remaniée pour tenir compte de la taille des organismes, de leur nature, de leur environnement ou de leur répartition spatiale.

Dans le plancton des étangs, on peut distinguer trois groupes principaux dont le rôle est majeur sur la productivité piscicole : le phytoplancton, le zooplancton et le bactérioplancton. Le premier est un producteur essentiel, le second joue le rôle de consommateur primaire qui transforme l'énergie sous forme accessible au poisson, le dernier dégrade activement les organismes morts et participe activement au recyclage des éléments.

### **5.2 Classification du plancton**

Différents critères sont utilisés pour caractériser les organismes planctoniques à savoir la taille, la nature et les caractéristiques biologiques des organismes, la répartition verticale et l'environnement.

### **5.3 Chaîne alimentaire classique**

#### **5.3.1 Phytoplacton**

Le monde phytoplanctonique regroupe les algues unicellulaires microscopiques dont la taille est comprise entre 1µm et 1mm et que l'on retrouve presque à la surface de tous les écosystèmes aquatiques (Sournia, 1986). Dans ce domaine qu'on définit aussi sous le terme de microalgues, on classe même des espèces non chlorophylliennes telles que les euglénophycées (Hamza, 2003). Le mode de vie du phytoplancton peut être pélagique ou benthique (Sournia, 1986). Le peuplement phytoplanctonique regroupe des espèces autotrophes, mixotrophes ou hétérotrophes, des formes mobiles ou fixes, libres, symbiotes, ou parasites (Sournia, 1986).

D'ailleurs le phytoplancton, particulièrement prolifique, produit une grande quantité d'oxygène. Ainsi, les peuplements phytoplanctoniques dont le développement est strictement dépendant des teneurs en azote et en phosphore, jouent un rôle déterminant dans les cycles biogéochimiques et conditionnent de ce fait, la structure et le fonctionnement des réseaux trophiques. Ils affectent aussi le recyclage des sels nutritifs, la structure et l'efficacité de la chaîne trophique et le flux de la matière organique (Smith et Sakshaug, 1990).

#### **5.3.2 Zooplacton**



Le zooplancton est le plancton animal, dont l'alimentation est composée de la matière organique issue de végétaux aquatiques ou d'autres animaux. Le zooplancton est donc constitué par l'ensemble des organismes herbivores et/ ou carnivores (Bougis, 1974). Ces organismes sont des hétérotrophes. Ils peuvent être soit unicellulaires (protozooplancton), soit pluricellulaires (métazooplancton). En effet, le zooplancton puise sa nourriture à partir des producteurs primaires permettant ainsi de faire transiter le flux de la matière vers des niveaux supérieurs de la chaîne trophique (Banse, 1995 ; Leninsen et Nielsen, 2002). De plus, le zooplancton exerce un contrôle de type « top-down », sur les producteurs primaires et participe activement aux flux biogéochimiques des éléments par la reminéralisation de la matière organique (Banse, 1995). Etant donné que les communautés zooplanctoniques sont fortement soumises aux processus physiques de la colonne d'eau, constituent ainsi des véritables indicateurs biologiques des changements climatiques (Fromentin et Planque, 1996 ; Beaugrand et al., 2002 ; 2003 ; Fernandez de Ouelles et al., 2004). La variation de l'abondance et de la structure de la communauté zooplanctonique sont très sensibles aux changements environnementaux (Harris et al., 2000).

Le zooplancton regroupe aussi de multiples espèces de différents calibres et qui se nourrissent de phytoplancton, de bactérioplancton, de protozoaires et de zooplancton de petite taille.

### **5.4 Spécificités écologiques au niveau des étangs de la station de pisciculture de la Deroua**

Grâce aux précautions que reçoivent les étangs d'alevinage de la station de la Deroua, au moment de déversement des alevins, le zooplancton colonisant ces étangs est constitué principalement des Rotifères, Protozoaires et Microcrustacés. Le phytoplancton qui est une alimentation de base du zooplancton est représenté, en majorité, par les Chlorophycées et les

Cyanophycées. Les taxons zooplanctoniques les plus courants sont indiqués ci-dessus (Droussi, 1998):

<u>Rotifères</u> <u>Protozoaires</u>		<u>Crustacés</u>	
- <i>Asplanchna</i>	- <i>Stylonychia</i>	 <b>Cladocères</b>	 <b>Copépodes</b>
- <i>Hexarthra</i>	- <i>Paramecium</i>	- <i>Daphnia</i>	- <i>Cyclops</i>
- <i>Brachionus</i>	- <i>Oikomonas</i>	- <i>Bosmina</i>	- <i>Diaptomus</i>
- <i>Euclanis</i>	- <i>Vorticell</i>	- <i>Macrothrix</i>	- <i>Cypridopsis</i>
- <i>Philodina</i>		- <i>Nauplius</i>	
- <i>Monostyla</i>			
- <i>Notholca</i>			
- <i>Proalis</i>			

La composition du zooplancton au niveau des étangs d'alevinage de la station de la Deroua, au moment de déversement des alevins est instantanée. Cette composition évolue dans le temps grâce à la succession naturelle du zooplancton et à la préparation spéciale des étangs d'alevinage (mise à sec, chaulage et désinfection). Le zooplancton inférieur tel que les Rotifères et les Protozoaires s'installe en premier lieu, suivi ultérieurement par le zooplancton supérieur et les autres groupes de la population benthique.

### **5.5 Relations trophiques des différentes communautés planctoniques au sein du réseau trophique**

La connaissance des modalités de transfert de matière et d'énergie dans les réseaux trophiques constitue l'une des préoccupations majeures de l'écologie moderne (Sime-Ngando, 1991). En milieu aquatique, l'étude de la synécologie des microorganismes, de leur activité et des relations trophiques qu'ils entretiennent entre eux, est indispensable pour l'établissement d'un modèle écologique de flux de la matière et de l'énergie dans un écosystème donné (Brock, 1987).

Il était déjà clairement démontré que les flux de la matière et d'énergie dans les milieux aquatiques ne s'organisent pas seulement selon la voie trophique linéaire basée sur l'assimilation photosynthétique (phytoplancton zooplancton poissons) mais empruntent également la voie de la boucle microbienne (Porter et al., 1985 ; Amblard et al., 1998) (Figure 11).

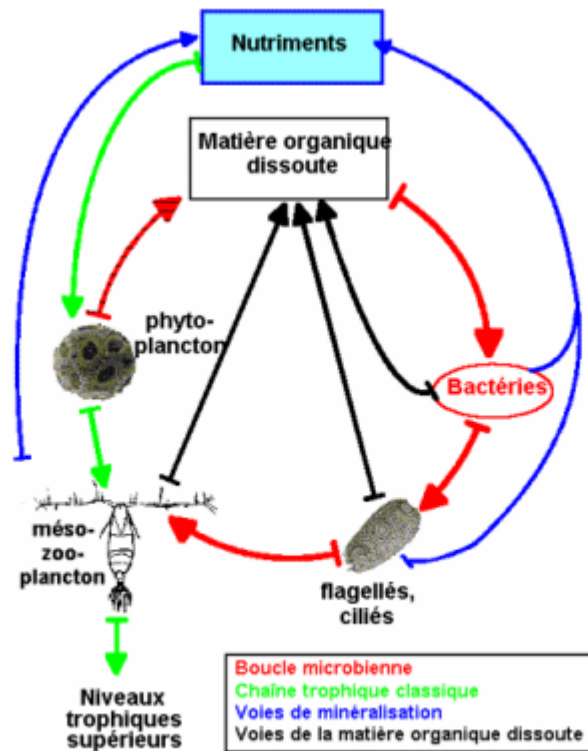


Figure 11: Relations trophiques et le flux d'énergie au sein de la chaîne alimentaire classique et de la boucle microbienne (Azam et al. 1983).

Cette boucle microbienne a été définie par Azam et al. (1983) comme étant l'ensemble des flux de matière et d'énergie et des processus microbiens associés qui permettent à la matière organique dissoute de rejoindre la chaîne alimentaire dite classique.

# Partie 1

---

## ETUDE DU REGIME ALIMENTAIRE DES ALEVINS DE CARPES EN RELATION AVEC LA STRUCTURE DE LA COMMUNAUEE PLANCTONIQUE ET LA DISPONIBILITE DES ELEMENTS NUTRITIFS DANS DES ETANGS D'ALEVINAGE DE CARPES

### **Introduction**

### **Chapitre 1 : Matériels et méthodes**

### **Chapitre 2 : Résultats et discussion**

**A - Physicochimie de l'eau, dynamique des peuplements planctoniques et régime alimentaire des alevins de carpes durant la période d'élevage 2013.**

**B - Physicochimie de l'eau, dynamique des peuplements planctoniques et régime alimentaire des alevins de carpes durant la période d'élevage 2014.**

# **Chapitre 1**

---

## **MATERIEL & METHODES**

## **Introduction**

La production piscicole dans les étangs dépend de la qualité chimique et physique des eaux qui permettent de caractériser les potentialités de production et d'envisager des améliorations de la qualité des eaux afin d'offrir au poisson un milieu plus favorable à sa survie et sa croissance (Billard, 1995a). Par ailleurs, une stimulation du développement du plancton peut renseigner sur les capacités de production de l'étang (Barbe et al., 1999).

Mais le développement d'une forte biomasse algale n'est pas suffisant pour pouvoir obtenir un rendement piscicole élevé. La nature des espèces d'algues, les dimensions des cellules et leur structure doivent permettre leur bonne intégration dans la chaîne alimentaire aboutissant au poisson (Balvay, 1995 ; Lazzaro et Lacroix, 1995).

Le phytoplancton est utilisé classiquement comme indicateur du degré d'eutrophisation des plans d'eau douce (Wurtz, 1958 ; Barbe et al., 1990). Son développement dépend de la richesse du milieu en azote et phosphore, et de la prédation exercée par le zooplancton. Ce dernier est directement consommé par les jeunes stades des différentes espèces de poisson, et par les adultes non carnivores (Cyprinidés). Sa répartition dans l'étang est généralement plus hétérogène que celle du phytoplancton (Barbe et al., 2000).

L'objectif de cette première partie de notre travail est de compléter les travaux déjà réalisés sur la station de pisciculture de la Deroua (Province (Fkih Ben Saleh), en réalisant le suivi de la variabilité des paramètres physico-chimiques de l'eau et biologiques (zooplancton, phytoplancton et régime alimentaire des poissons) au niveau des étangs d'alevinage de trois espèces de carpes : *Hypophthalmichthys molitrix* (carpe argentée), *Ctenopharyngodon idella* (carpe herbivore) et *Cyprinus Carpio* (carpe commune).

L'étude des alevins de trois espèces de carpes, a été entreprise sur deux périodes (périodes d'alevinage 2013 et 2014) dans le but de mieux comprendre les rythmes journaliers de l'activité alimentaire des alevins et de confronter les différences de tendances alimentaires d'une espèce à l'autre selon la classe de taille de la même espèce.



### ***Nourriture des alevins depuis l'éclosion des œufs***

La période d'alevinage est la première phase de grossissement en dehors de l'écloserie. Elle correspond à la mise en alevinage des alevins transférés des bacs d'écloserie vers des étangs préparés à cette fin.

Après l'éclosion des œufs, les larves sont transférées dans l'aquarium d'élevage où ils se nourrissent d'abord des réserves vitellines pendant 24 heures puis ensuite aux œufs de poules dilués dans l'eau chaude.

Après 24 heures, les alevins peuvent être nourris de la farine de poissons finement broyés. Une semaine après l'éclosion, ces alevins seront déversés dans les étangs d'alevinage.

Ces étangs sont préalablement vidés et exposés au soleil durant une à deux semaines pour une désinfection. Après remplissage de ces étangs par l'eau de la nappe phréatique, les alevins y sont transférés et reçoivent chaque jour une farine granulée pendant un mois. A cette période, les alevins commencent à se nourrir sur les communautés planctoniques qui s'installent dans les étangs.

### ***Démarche suivie et Présentation des résultats***

Des travaux de recherche antérieurs (Kassila, 2000 ; Hasnaoui, 2001 ; Hasnaoui et al, 2001, 2002 et 2007 ; El moata, 2005 ; Berday, 2007 ; El alami, 2010) ont étudié la dynamique du phytoplancton, les échanges eau – sédiment, l'écologie ainsi que le régime alimentaire des carpes sans apporter de détail sur l'évolution et les changements du régime alimentaire depuis le stade alevins jusqu'au stade géniteurs.

Dans ce présent travail, notre grand souci est de dégager un schéma global du régime alimentaire des trois espèces de carpes élevées au Maroc (carpe argentée, carpe herbivore et carpe commune).

Pour se faire, il a fallu déployer des efforts tout le long du cycle complet de croissance alevins – géniteurs, sachant bien que les carpes n'atteignent le stade géniteurs qu'après deux années de grossissement.

La contrainte importante à confronter était de suivre le régime alimentaire des alevins mis en alevinage sur une période courte qui s'étendait de mai à juin 2013 mais l'inconvénient majeur était la perturbation du fonctionnement des étangs par des actions anthropiques dictées par l'administration de la station de pisciculture (apport d'eau de la nappe phréatique et transfert des alevins pour le repeuplement des lacs de barrages).

Ces contraintes de gestion nous ont poussé à réaliser un suivi du régime alimentaire sur le plus grand nombre d'étangs pendant toute la période d'alevinage possible. Néanmoins, plusieurs lacunes ont été enregistrées bien que le suivi a apporté des informations scientifiques assez fiables.

Donc pour mieux comprendre les changements du régime alimentaire liés à la taille et au poids des alevins des trois espèces de carpes étudiées, nous avons refait la même étude en 2014 pendant la période (fin avril – juin) tout en comblant les lacunes notées l'année précédente.

*Pour cette raison, nous allons présenter séparément les résultats obtenus lors de ces deux périodes d'alevinage.*

## Chapitre 1 : Matériel et méthodes

### 1. Présentation du site d'étude

#### 1.1 Localisation géographique

La Station de pisciculture de la Deroua se situe dans la Province de Fkih Ben Saleh à 25 Km au Sud-Ouest de la ville de Béni-Mellal (Figure 12). Elle a pour coordonnées Lambert X = 386 et Y = 192 (carte du Maroc au 1 /50000, feuille de Béni-Mellal).

Les étangs de cette station reposent sur des formations argilo-sableuses du Mio-Plio-Quaternaire. Selon les conditions climatiques et la végétation, Emberger (1933) classe cette région dans le domaine semi-aride à hiver tempéré. L'été est chaud (température de l'eau atteint 35°C en août) et l'hiver est doux (température moyenne de l'eau en janvier est de 14°C). Le maximum de la pluviométrie est enregistré en Décembre. Les orages abondants d'été présentent une grande variabilité interannuelle mais n'arrivent pas à compenser l'évaporation estivale très importante.

Les caractéristiques morphométriques de cette station sont :

- Altitude : 428 m
- Pluviométrie : 392 mm
- Température minimale de l'air : 7° C
- Température maximale de l'air : 32° C
- Température moyenne maximale des eaux des étangs : 33°C
- Température moyenne minimale des eaux des étangs : 10°C
- Température annuelles des eaux de la nappe phréatique : 19 à 21°C
- Taux d'évaporation moyen : 4,5mm/jour
- Végétation spontanée : *Pistacia lentiscus*
- Source d'alimentation en eau de l'écloserie : nappe phréatique
- Source d'alimentation en eau des étangs : nappe phréatique et eau du Barrage Bin El Ouidane.



Figure 12 : Situation géographique de la station de pisciculture de la Deroua

La station de pisciculture de la Deroua dispose actuellement de 43 étangs subdivisés en 6 séries (A, B, C, D, E et F) d'une surface allant de 200 m<sup>2</sup> à 2000 m<sup>2</sup> (Figure 13).

## 1.2 Objectifs de la station

L'objectif ultime des activités de la station de la Deroua est la production des carpillons de 3 à 5 cm de longueur totale (0.5 à 1 g de poids vif) de trois espèces différentes : *Hypophthalmichthys molitrix* (phytoplanctonophage), *Ctenopharyngodon idella* (macrophytophage) et *Cyprinus carpio* (Détritivores). Ces espèces ont été importées pour la première fois en 1983 de la Hongrie et introduites dans le canal 55 de l'Office de Mise en Valeur Agricole du Loukkos. Une deuxième importation de la Bulgarie a eu lieu en 1987 pour la lutte contre le phénomène d'eutrophisation de la retenue de barrage de Sidi Mohammed Ben Abdellah (ONEP, 1991). Quelques lots de carpillons ont été ramenés à la station Deroua et ont servi de géniteurs.

## 1.3 Etangs d'alevinage

Les étangs d'alevinage dans lesquels notre travail a été réalisé ont une superficie de 2000 m<sup>2</sup> pour les étangs A1, A2, A4, B2, B5, F3 et F5 et de 1500 m<sup>2</sup> pour l'étang C2 et une profondeur de 1,5 m (Figure 13). Les prélèvements ont eu lieu pendant la période d'alevinage en 2013 et en 2014. Elle se fait généralement au printemps d'avril à juin.

Les alevins étudiés sont des alevins de carpe argentée CA (*Hypophthalmichthys molitrix*), carpe herbivore CH (*Ctenopharyngodon idella*) et carpe commune CC (*Cyprinus Carpio*).



Figure 13: Localisation réelle des étangs d'alevinage étudiés, station de pisciculture de la Deroua.

❖ Stations de mesure. A, B, C, F : Etangs.

- Avec :
- Les étangs A1, A4 et B5 contenant des alevins de la carpe argentée.
  - Les étangs A2, F3 et F5 contenant des alevins de la carpe herbivore.
  - L'étang C2 contient des alevins de la carpe commune.

## 2. Echantillonnage

### 2.1 Chronologie d'activités

Après remplissage, les étangs reçoivent un nombre d'alevins différent en fonction de la réussite des étapes liées à la reproduction artificielle effectuées à l'écloserie.

Les tableaux 5 et 6 illustrent la chronologie de la reproduction et de l'empoissonnement des étangs ainsi que le nombre d'alevins déversés dans les étangs et leurs densités pendant les deux périodes d'alevinage (2013 et 2014).

**Tableau 5 : Date de reproduction et d'empoissonnement, densité et nombre d'alevins déversés dans les différents étangs d'alevinage – période d'alevinage 2013.**

Etang	Date de reproduction	Date de déversement	Nombre d'alevins déversés	Densité d'alevinage (individu/m <sup>2</sup> )	Espèce	Durée de suivi (période d'alevinage) (jours)
A1	15/04/2013	24/04/2013	400 000	275	CA	41
	23/04/2013	29/04/2013	150 000		CA	36
A4	30/04/2013	10/05/2013	700 000	365	CA	33
	06/05/2013	12/05/2013	30 000		CA	31
B5	26/04/2013	02/05/2013	600 000	300	CA	41
A2	18/04/2013	29/04/2013	600 000	300	CH	30
F3	30/04/2013	10/05/2013	1 000 000	500	CH	33
F5	30/04/2013	10/05/2013	1 000 000	500	CH	19
C2	10/04/2013	24/04/2013	100 000	66	CC	35

**Tableau 6: Date de reproduction et d'empoissonnement, densité et nombre d'alevins déversés dans les différents étangs d'alevinage-période d'alevinage avril - juin 2014.**

Etang	Date de reproduction	Date de déversement	Nombre d'alevins déversés	Densité d'alevinage (individu/m <sup>2</sup> )	Espèce	Durée de suivi (jours)
A1	14/04/2014	23/04/2014	600 000	300	CA	37
A2	14/04/2014	23/04/2014	700 000	350	CC	29
B2	06/05/2014	16/05/2014	200 000	100	CH	27

## **2.2 Stations de mesure et prélèvements**

Quatre stations de mesure ont été choisies au sein des étangs pour les prélèvements des échantillons d'eau destinés à l'analyse physico-chimique et biologique (Figure 13).

En 2013, quatre séries de prélèvements d'eau ont été effectuées le 13 et 28 mai sur 7 étangs (A1, A2, A4, B5, F3, F5 et C2), le 03 juin sur 4 étangs (A1, A4, B5 et F3), et le 11 juin sur 3 étangs (A4, B5 et F3). Cette réduction progressive du nombre d'étangs par date est liée aux diverses manipulations dictées par les objectifs de la station Deroua (vidange des étangs et prélèvement des alevins pour l'empoissonnement des lacs de barrage Marocains).

Au cours de la période d'alevinage 2014 et afin de mieux cerner l'évolution des paramètres biotiques et abiotiques ainsi que combler les lacunes observées lors de l'alevinage 2013, les échantillons d'eau ont été prélevés chaque jour pendant la première semaine puis tous les trois jours jusqu'à la fin de l'alevinage (tableaux 5 et 6). Seuls trois étangs de 2000 m<sup>2</sup> de surface (A1, A2 et B2) ont été suivis :

- L'étang A1 destiné à l'alevinage de la carpe argentée,
- L'étang A2 pour l'alevinage de la carpe commune,
- L'étang B2 pour l'alevinage de la carpe herbivore.

Dans chaque étang, les échantillons d'eau (1 litre) ont été récoltés entre 9h du matin et midi au niveau de la colonne d'eau des quatre stations de prélèvement suivant une fréquence bimensuelle. L'analyse de l'eau est effectuée sur un échantillon composite obtenu par mélange en parties égales des quatre prélèvements. L'eau de remplissage des étangs (eau de la nappe phréatique) a été également prélevée et analysée.

A chaque épisode d'échantillonnage des poissons, un échantillon d'eau (250 ml) est prélevé en vue d'une analyse quantitative ultérieure permettant d'examiner la disponibilité des proies (phytoplancton et zooplancton) dans le milieu au moment de la capture des poissons.

Dans le but de réaliser une étude qualitative et dresser une liste des espèces planctoniques existantes dans les étangs, un filet à plancton de 53 µm de maille avec une ouverture de 25 cm de diamètre a été utilisé. Le filet est descendu verticalement sur toute la profondeur (1m) jusqu'au fond puis remonté jusqu'à la surface ; le filtrat est recueilli dans un flacon. Cette opération a été répétée trois fois par station. Les échantillons prélevés sont immédiatement fixés au formol à 5 %.

## **2.3 Paramètres physiques et chimiques**

Les paramètres physiques analysés sont la température de l'eau, le pH, la conductivité électrique et l'Oxygène dissous.

Les paramètres chimiques analysés sont les nitrates, les nitrites et les orthophosphates.

Les analyses physico-chimiques de l'eau ont été effectuées au laboratoire d'analyse de la station de pisciculture de la Deroua. Les méthodes d'analyse sont résumées dans le tableau 7 ci-dessous :

Tableau 7 : Méthodes d'analyses de l'eau utilisée.

Eau	Prélèvement d'un litre d'eau de l'échantillon composite
Analyse	<p><u>Température</u> : Thermomètre-combiné à une sonde.</p> <p><u>pH</u> : pH mètre de terrain de type Bio Block Scientific 93301 équipé d'une électrode BS 90433.</p> <p><u>Conductivité électrique</u> : Conductivimètre de terrain de type WTW.</p> <p><u>Oxygène dissous</u> : Oxymètre de terrain type ORION 3 STAR.</p> <p><u>Nitrites</u> : Diazotation par le sulfanilamide et sa complexation avec le méthyléthylène-diamine (AFNOR T90-013).</p> <p><u>Nitrates</u> : Méthode au salicylate de sodium (RODIER, 2009).</p> <p><u>Orthophosphates</u> : Formation d'un complexe phosphomolybdique absorbant à 700 et à 880 nm après réduction à l'acide ascorbique (AFNOR T90-023).</p>

## 2.4 Paramètres biologiques

### 2.4.1 Phytoplancton

Le phytoplancton fixé a été identifié au microscope binoculaire type Olympus CX21 aux grossissements 100x et 400x. Quelques gouttes du dépôt existant au fond de l'échantillon à étudier sont prélevées à la pipette et montées entre lame et lamelle.

La densité phytoplanctonique a été estimée à partir du dénombrement cellulaire effectué à l'aide d'un microscope inversé de type Euromex selon la méthode d'Uthermöhl (1958) modifiée par Legendre et Watt (1972), Cette technique s'appuie sur la sédimentation des organismes dans une cellule de comptage, d'un échantillon de volume connu. En raison de la faible concentration des échantillons en organismes, aucune dilution n'a été effectuée.

Après homogénéisation, un échantillon de 25 ml d'eau est prélevé pour la sédimentation en chambre de décantation à l'obscurité pendant 12 à 24 heures en vue de permettre au phytoplancton de se déposer sur le fond de la chambre. Une lamelle est déposée sur la chambre à sédimentation pour minimiser l'évaporation.

Suivant le type d'organismes, et soit qu'il s'agit d'une cellule, d'une colonie ou d'un filament, l'unité de comptage a été un individu. Lors du comptage à l'objectif 40, nous avons réalisé un balayage de plus de 80% de la surface de la cellule de comptage avec alternance de transects. Le transect choisi étant le quart de la cellule de comptage.

Le calcul de la densité s'exprime par la formule suivante :  $D = N_i \times R \times 1000/v$

Avec :

- D = densité en nombre d'individus par litre.
- $N_i$  = moyenne du nombre d'individu d'une espèce.
- R = rapport entre la surface de la cellule de comptage et la surface du champ oculaire.
- 1000 = facteur de conversion en litre.
- v = volume d'échantillon sédimenté en ml.

La systématique des espèces phytoplanctoniques a été réalisée en se référant aux ouvrages de Bourrelly (1970, 1972, 1981), Anagnostidis & Komarek (1989); Komarek & Fott (1983) ; Krammer & Lange-bertalot (1986) ; Starmach (1966, 1983).

#### **2.4.2 Zooplancton**

Pour le zooplancton, la détermination des taxons a été réalisée à l'aide des ouvrages suivants : Pourriot et Francez (1986), Amoros (1984) et Dussart (1969).

Comme pour le comptage taxonomique les échantillons du zooplancton sont vus sous microscope inversé de type Euromex selon la méthode d'Uthermöl, dans une cellule de comptage de volume connu (25ml).

Les photos des taxons phyto- et zooplanctoniques ont été pris par un appareil photographique numérique modèle Sony DSC-W570.

#### **2.4.3 Poissons**

##### **2.4.3.1 Échantillonnage et analyse des contenus des tubes digestifs**

###### ***a. Période d'alevinage 2013***

L'échantillon à analyser comporte six individus de chaque espèce de carpes capturée dans les étangs (A1, A4, B5, A2, F3, F5 et C2) à quatre reprises, soit un total de 126 individus.

Après la pêche des alevins et la mesure du poids et de la taille, la dissection est effectuée dont le but de déterminer la composition du tube digestif de chaque individu et d'identifier leur préférence alimentaire.

###### ***b. Période d'alevinage 2014***

378 spécimens d'alevins de carpes ont été pêchés et étudiés :

- 153 spécimens d'alevins de carpe argentée dont la taille variant de 0,6 à 4 cm de l'étang A1,
- 144 spécimens d'alevins de carpe commune dont la taille variant de 0,6 à 4,5 cm de l'étang A2,

- 81 spécimens d'alevins de carpe herbivore dont la taille variant de 0,7 à 4,7 cm de l'étang B2.

Au laboratoire, nous avons relevé pour chaque individu, la taille totale en centimètres et le poids en grammes avant d'être disséqués. La conservation des contenus des tubes digestifs se fait dans des tubes contenant du formol à 4% (Neuveu, 1978).

À l'aide du microscope binoculaire au grossissement 100x et 400x, la composition des taxons planctoniques dans les différents tubes digestifs a été déterminée en se référant aux ouvrages déjà cités ci-dessus.

#### 2.4.3.2 Corrélation poids - taille

La relation entre la longueur des poissons et leur poids est représentée par la relation (Le Cren, 1951):  $W = a L^b$ , où  $W$  est le poids total du poisson en g et  $L$  est la longueur totale du poisson en cm ;  $a$  et  $b$  sont des facteurs caractéristiques du milieu et de l'espèce. Il existe une valeur de référence de  $b=3$  qui indique que le poisson a une croissance isométrique ou symétrique ; c'est à dire que le corps du poisson est bien conformé, symétrique. Si  $b>3$  ou  $< 3$  on dit que la croissance allométrique ou asymétrique ; le poisson est respectivement plus lourd ou moins lourd que sa taille. Lors des pontes par exemple les poissons ont un  $b>3$ . Autrement dit la valeur de  $b$  est affectée par la nourriture disponible, le stade de reproduction. La constante  $b$  est déduite de la droite de régression linéaire et varie entre 2 et 4, mais il est souvent proche de 3. La constante de proportionnalité  $a$  de la relation entre le poids et une puissance de la longueur était déterminée par calcul ( $a = e^x$ , avec  $x$  comme constante logarithmique de la courbe de régression) (Pauly et Moreau, 1997). La corrélation linéaire entre ces deux variables (poids et longueur) est exprimée par un coefficient ( $r^2$ ).

### 3 Expression des résultats

La caractérisation du régime alimentaire d'un poisson suppose une description qualitative et quantitative des proies contenues dans les estomacs. En vue d'atteindre cet objectif, de nombreuses méthodes qualitatives et quantitatives ont été proposées par divers auteurs. Dans le cadre du présent travail, des coefficients et indices alimentaires ont été utilisés. Pour la définition des paramètres, nous avons consulté (Hynes, 1950 ; Windell, 1968, 1971 ; Lauzanne, 1975, 1976 ; Berg, 1979 ; Hyslop, 1980 ; Kraiem, 1980 ; Ponton & Stroffek, 1988 ; Benabid, 1990 ; Reyes-Marchant et al., 1992 ; Cherghou et al., 2002 ; Peron, 2006 ; Anneville & al 2007.

L'analyse quantitative des contenus stomacaux se traduit par le calcul des indices suivants :

- ❖ L'indice d'occurrence ( $I_o$ ) renseigne sur les préférences alimentaires, mais n'apporte aucune indication sur l'importance quantitative des différentes proies. Il a été exprimé selon la relation (Lauzanne, 1976):

$$I_o (\%) = \frac{\text{Nombre d'estomacs contenant une catégorie de proies} \times 100}{\text{Nombre total d'estomacs examinés}}$$



Les proies sont considérées constantes lorsque  $I_o > 50\%$ , accessoires lorsque  $20\% > I_o > 50\%$  et accidentelles lorsque  $I_o < 20\%$  (Bouhbou, 2002).

- ❖ **Indice volumétrique (Iv) :** nous avons adopté la méthode de « points » de Hynes (1950). Elle consiste à attribuer à chaque proie, un certain nombre de points en fonction de son abondance et sa taille. Le nombre total des points obtenus pour chaque item alimentaire est exprimé en pour-cents par rapport à l'ensemble des points obtenus pour toutes les proies. Dans notre cas, L'item alimentaire dont le volume le plus élevé a été donné 16 points. Les autres composants ont obtenus 8, 4, 2, 1 et 0 points en fonction du volume par rapport au composant de plus grand volume. Les pourcentages en volumes au sein de chaque sous-échantillon ont été calculés en tant que :

$$Iv (\%) = \frac{\text{Nombre de points attribués à une catégorie de proies (Np)} \times 100}{\text{Nombre total des points attribués au sous échantillon (Npt)}}$$

Quoique subjective suite aux erreurs d'estimation de l'observateur, cette méthode a le grand avantage d'être rapide et applicable à presque toute nature de contenus stomacaux, aux proies bien dénombrables qu'indénombrables et très souvent difficiles à peser en raison du volume réduit du bol alimentaire (Ulyel, 1991), tel est le cas chez les alevins de carpes des étangs d'alevinage de la Deroua.

- ❖ **Indice numérique (d'abondance) (ou indice numérique permet une semi quantification du régime alimentaire (Lauzanne, 1976).IN ou Iab) :**

$$\text{Indice d'abondance (Iab)} = \frac{\text{Nombre d'individus de chaque catégorie de proie} \times 100}{\text{Nombre total des proies}}$$

- ❖ **Indice alimentaire (IA) :** Cet indice composite, variant entre 0 et 100, est utile pour comparer l'importance relative de différentes proies dans le régime alimentaire, les régimes alimentaires d'une même espèce en fonction de la taille, des saisons ou du biotope, et il se prête bien à une représentation graphique très parlante (Paugy, D'Leveque, 1999). Il est utilisé aussi afin de comparer l'importance d'une catégorie de proie dans le régime alimentaire, et minimiser les biais possibles liés à l'utilisation des indices d'occurrence et volumétrique :

$$\text{Indice alimentaire (IA)} = \frac{IO \times IV}{100} \text{ (Lauzane, 1975)}$$

Cet indice renseigne aussi sur les préférences alimentaires.

Selon la classification de ce même auteur, les proies sont classées suivant leur valeur d'indice alimentaire en :

- **Proies secondaires** si  $0 < IA < 10$
- **Proies importantes** si  $10 < IA < 25$
- **Proies essentielles** si  $25 < IA < 50$
- **Proies dominantes** si  $IA > 50$

## **Chapitre 2**

---

### **RESULTATS & DISCUSSIONS**

A - Physicochimie de l'eau, dynamique des peuplements planctoniques et régime alimentaire des alevins de carpes - Période d'alevinage 2013.

B - Physicochimie de l'eau, dynamique des peuplements planctoniques et régime alimentaire des alevins de carpes - Période d'alevinage 2014

A -

Physicochimie de l'eau, dynamique des  
peuplements planctoniques et régime  
alimentaire des alevins de carpes

Période d'alevinage 2013

- I. Variabilité des paramètres physicochimiques et  
Dynamique des peuplements planctoniques dans les  
étangs d'alevinage des carpes.**
- II. Régime alimentaire des alevins de carpes étudiées.**

## A - Physicochimie de l'eau, dynamique des peuplements planctoniques et régime alimentaire des alevins de carpes- Période d'alevinage 2013.

### I. Variabilité des paramètres physicochimiques et Dynamique des peuplements planctoniques dans les étangs d'alevinage des carpes

#### 1. Caractérisation physico-chimique de l'eau de remplissage des étangs d'alevinage

Les caractéristiques physiques et chimiques de l'eau de remplissage des étangs d'alevinage sont données dans le tableau suivant.

Tableau 8: Paramètres physico-chimiques de l'eau de la nappe phréatique (Valeur moyenne sur la période mai – juin 2013)

Paramètres	Eau de la nappe phréatique
pH	7,7 ± 0,28
Température (°C)	21 ± 2,82
Cond. Elect (µS/cm)	1080 ± 127
Oxygène dissous (mg O <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup> )	5,63 ± 1,05
N-NO <sub>2</sub> (mg N.L <sup>-1</sup> )	0,098 ± 0,055
N-NO <sub>3</sub> (mg N.L <sup>-1</sup> )	7,147 ± 0,66
P-PO <sub>4</sub> (mg P.L <sup>-1</sup> )	0,069 ± 0,005

L'eau de la nappe est légèrement alcaline (pH 7,7), très minéralisée (1080µS/cm) et riche en nitrates (7,14 mg N/l).

#### 2. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau des étangs d'alevinage

##### 2.1 Traitement des résultats au niveau des étangs d'alevinage de la carpe argentée

Les variations spatio-temporelles des paramètres physico-chimiques mesurés au cours de cette étude dans les étangs A1, A4 et B5 d'alevinage de la carpe argentée (CA) sont présentées sur la Figure 14.

Au niveau des trois étangs, la température et le pH présentent de très faibles fluctuations. La température qui est considérée comme l'un des facteurs déterminant la qualité de l'eau dans les étangs de pisciculture est restée dans les normes de pisciculture. Selon Arrignon (1976) et Stickney (1979), la température optimale pour une meilleure pisciculture des Cyprinidés est comprise entre 20 et 30°C.

Les teneurs en oxygène dissous enregistrées dans ces étangs oscillent entre 5,21 et 8,29 mg/l. Le minimum d'oxygène est enregistré le 13 mai 2013 au niveau de l'étang A4 où la densité en alevins de CA est élevée (365 ind/m<sup>2</sup>) par rapport à celle mise au niveau des étangs A1 et B5 (275 ind/m<sup>2</sup> et 300 ind/m<sup>2</sup> respectivement). Selon Schlumberger (1998) et Meade (1989), la valeur minimale ne doit pas être en dessous de 4 à 5 mg/l avec un minimum de sousaturation (< 14 mg/l).

La conductivité électrique connaît de faibles variations d'un étang à l'autre. Elle varie de 807 à 1029 µs/cm ; la valeur maximale est enregistrée le 03 juin qui correspond au 30<sup>ème</sup> jour après l'empoissonnement de l'étang B5.

L'azote est l'un des constituants essentiels de la matière organique et entre dans la composition des protéines cellulaires. Les formes minérales essentielles sont l'azote moléculaire N<sub>2</sub>, l'azote ammoniacal NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, les nitrites NO<sub>2</sub><sup>-</sup> et les nitrates NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Ces dernières représentent la forme d'équilibre thermodynamique de l'azote en milieu oxygéné (Labroue et al., 1995).

La variation temporelle des nitrates peut être liée aux apports atmosphériques et au lessivage des sols avoisinants. Certains auteurs ont rapporté que l'évolution des nitrates est étroitement dépendante de la pluviométrie des eaux de surface ou souterraines affluentes et de la fixation biologique par les Cyanobactéries (Romdhane 1986 ; Ben Rejeb Jenhani, 1989; Mouelhi, 2000; Turki, 2002). Dans notre cas, les teneurs maximales des nitrates sont plutôt liées à l'apport par l'eau de remplissage des étangs (nappe phréatique) pour compenser les pertes d'eau (infiltration, évaporation) et à la mise en solution des substances azotées présentes dans le sédiment. Ceci confirme les observations réalisées par Hasnaoui (2001) dans la même station de pisciculture.

Les nitrites, forme intermédiaire et toxique pour les poissons, Les nitrites constituent une forme de transition lors de l'oxydation de l'ammonium ou de la réduction des nitrates. Ils ne se maintiennent que dans les milieux peu oxygénés, car, instables ils ont tendance à s'oxyder en nitrates (Dussart 1992). Les teneurs en nitrites enregistrées au niveau de l'étang A1 étaient de 0,1 à 1,019 mg/l. La forte teneur en nitrites, mesurée le 03 juin, pourrait être expliquée par l'importante décomposition de la matière organique et plus précisément de *Chara vulgaris* et de *Ceratophyllum submersum* (fixés au fond de l'étang), s'accompagnant d'une importante consommation d'oxygène dissous.

Les concentrations en PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> dans les écosystèmes aquatiques sont surtout conditionnées par la nature lithologique du bassin versant, le pH du milieu et le bilan de sa consommation et de l'excrétion par les organismes vivants (Pourriot et Meybek, 1995). D'après Billard & Marie (1980), Wurtz-Arlet (1980), Boyd (1982), les teneurs optimales des orthophosphates se situent entre 0,2 et 0,5 mg PO<sub>4</sub>/l. Dans les étangs d'alevinage de la carpe argentée de la Deroua, les orthophosphates présentent des teneurs comprises entre 0,09 et 0,506 mg PO<sub>4</sub>/l. Au niveau des trois étangs étudiés, les PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> montrent un pic le 03 juin 2013 ceci est probablement lié à l'ajout de l'eau de la nappe phréatique dans les étangs qui entraîne une oxygénation, une remise en suspension des sédiments et une minéralisation partielle de la matière organique qui s'accompagne d'une libération du phosphore lié aux hydroxydes de fer,

ce qui provoque un relargage du phosphore des sédiments vers la colonne d'eau (Kassila et al., 2000 ; Hasnaoui et al., 2001).

## **2.2 Traitement des résultats au niveau des étangs d'alevinage de la carpe herbivore**

A la lumière de la Figure 15, les valeurs du pH montrent une faible variabilité d'un étang à l'autre. Généralement, les valeurs du pH augmentent significativement du 13 au 28 mai 2013 au niveau des trois étangs, alors que la température diminue au cours de cette même période.

Pour ce qui est la conductivité, les fluctuations temporelles au niveau des étangs A2 et F3 montrent une diminution des valeurs enregistrées à partir du 28 mai 2013 qui coïncide avec l'apport de l'eau de la nappe phréatique et la dilution de la concentration minérale globale des étangs.

Pendant la période d'alevinage en F3, F5 et A2, l'évolution des différents facteurs montre qu'au niveau de l'étang F3 (étang le plus échantillonné suite aux conditions liées à la station), l'oxygène dissous augmente de 5,98 (13 mai) à 14,43 mg O<sub>2</sub>/l (28 mai). Cette augmentation est liée à l'activité photosynthétique avec apparition de nouveaux taxons *Coelastrum reticulatum* var. *reticulatum* (Chlorococcale) et *Nitzschia dissipata* (Diatomophycée).

Au niveau de l'étang F3, la concentration en nitrates est faible le 13 mai qui correspond au premier jour d'échantillonnage et au 3<sup>ème</sup> jour d'alevinage) liée à son absorption par le phytoplancton. Après 18 jours d'alevinage, la teneur en nitrates atteint 4,56 mg/l liée à l'apport d'eau de puits riche en nitrates ce même jour. Au fur et à mesure que l'alevinage progresse, la concentration des nitrates chute considérablement pour atteindre 1,5 mg N/l.

Dans les trois étangs, les teneurs en azote nitreux (N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) augmentent progressivement avec la durée d'alevinage ; ces taux de N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> dépassent 0,05 mg.l<sup>-1</sup> au mois de juin et dépassent donc la norme favorable à la pisciculture qui est, selon Meade (1989), de 0,03 mg/l.

Pendant la période d'alevinage en A2, F3 et F5, les concentrations d'orthophosphates connaissent des faibles fluctuations. Deux valeurs, légèrement plus élevées, ont été enregistrées le 28 mai et le 03 juin au niveau de l'étang F3, probablement liées à des échanges avec le sédiment favorisés par un pH respectivement de 8,94 et 8,95 (Hasnaoui, 2001, Hasnaoui et al., 2002b) et des apports suite à l'ajout d'eau de puits.

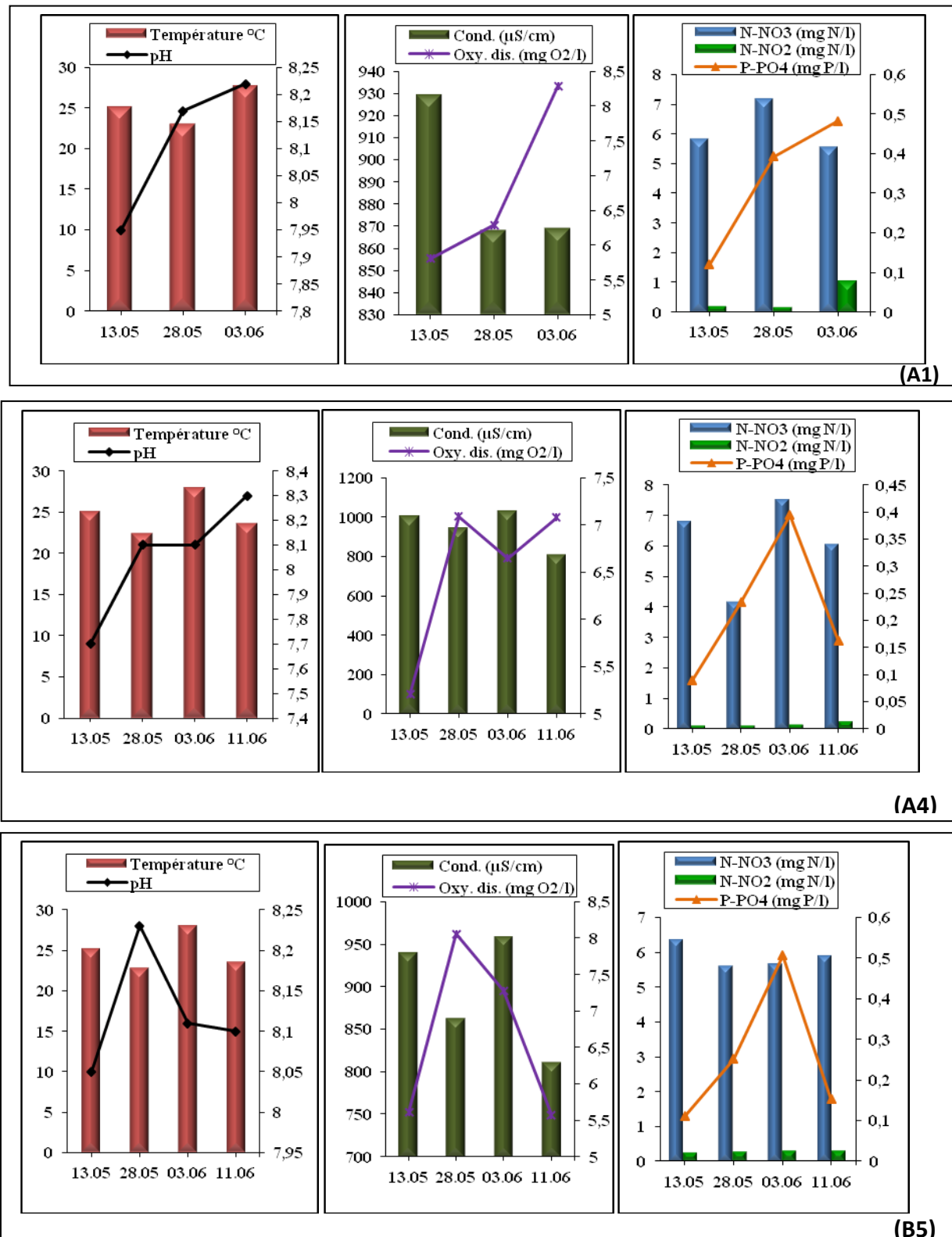


Figure 14 : Evolution des caractéristiques physicochimiques des étangs A1, A4 et B5d'alevinage de la carpe argentée.

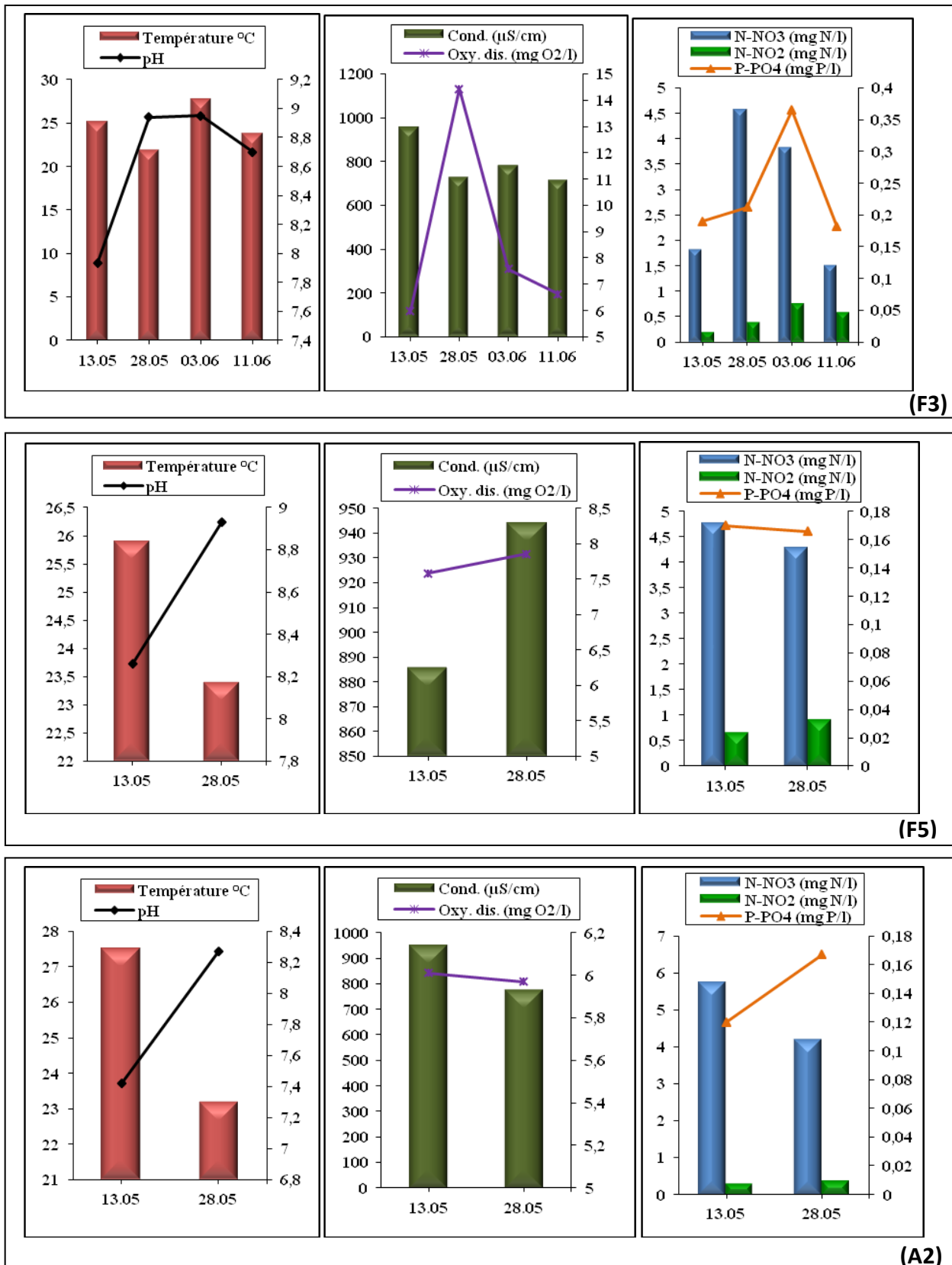


Figure 15: Evolution des caractéristiques physicochimiques des étangs F3, F5 et A2

d'alevinage de la carpe herbivore.



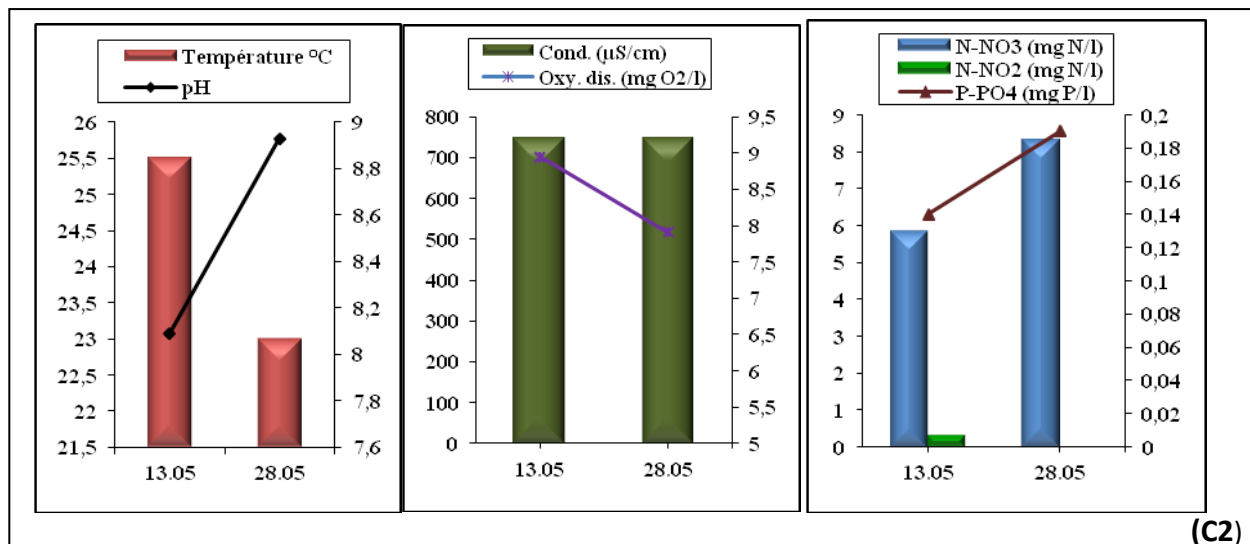


Figure 16 : Evolution des caractéristiques physicochimiques de l'étang C2 d'alevinage de la carpe commune.

### 2.3 Traitement des résultats au niveau des étangs d'alevinage de la carpe commune

Les variations des caractéristiques physico-chimiques des eaux de l'étang d'alevinage de carpe commune (C2) sont données dans la Figure 16.

Malgré que deux dates d'échantillonnage ne permettent pas de mieux évaluer et comprendre l'évolution des caractéristiques physico-chimiques de cet étang, nous avons opté pour présenter les résultats pour donner une image sur cette évolution. Généralement, les résultats montrent une diminution de la température de l'eau de 25,5 à 23°C due à l'ajout de l'eau de puits (21-23°C). L'augmentation du pH est probablement due à l'accroissement de l'activité photosynthétique du phytoplancton malgré la baisse non significative de la teneur en O<sub>2</sub> dissous. En ce qui concerne la conductivité électrique, une stabilité entre le premier et le deuxième prélèvement est enregistrée.

Au niveau de cet étang, une diminution des teneurs en nitrites de 0,32 à 0,053 mg N/l assignable à l'apport de l'eau de puits mieux oxygénée qui a provoqué la nitrification et la transformation des nitrites en nitrates (8,34 mg/l le 28 mai). Les valeurs élevées d'orthophosphates sont imputées aux relargages des phosphores par le sédiment de l'étang (Kassila, 2000, Oukhchine et Zagani, 2000 ; Hasnaoui, 2001 ; Hasnaoui et al., 2002 b ; El Moata, 2005).

## 3. Analyse des résultats biologiques

### 3.1 Analyse taxonomique

L'analyse systématique de 24 échantillons collectés des étangs d'alevinage (A1, A4, B5, A2, F3, F5 et C2) durant la période d'alevinage mai-juin 2013, a permis d'établir une liste floristique de 66 taxons phytoplanctoniques et 12 taxons zooplanctoniques (annexe 1).

Il s'agit d'une richesse spécifique importante (78 taxons). Nous jugeons qu'avec la même période d'étude mais à une fréquence d'échantillonnage plus rapprochée, nous pouvons

identifier plus de taxons, comme il a été inventorié par Hasnaoui (2001) pendant les cycles d'alevinages 1997 et 1998 à la station de la Deroua où 119 taxons ont été recensés.

### **3.2 Analyse quantitative**

Les 78 taxons, recensés pendant la période d'alevinage mai-juin 2013, appartiennent à 12 classes systématiques. L'analyse quantitative de ces classes a été réalisée séparément en fonction de l'espèce de carpes présente.

#### **a. Étangs à carpe argentée**

Les deux Figures 17 et 18 représentent l'importance relative de l'abondance (exprimée en pourcentage) de chacune de ces classes d'algues dans les étangs d'alevinage de la carpe argentée.

L'analyse de ces deux Figures montre qu'au niveau de l'étang A1, les Diatomophycées (*Nitzschia amphibia* et *Navicula veneta*) dominent le 13 mai et le 03 juin ; elles constituent respectivement 53 et 51% de la richesse spécifique totale.

D'une moindre importance, 19 jours après le déversement des alevins (13 mai), apparaissent les Chlorophycées représentées par la Chlorococcale *Coelastrum reticulatum* var. *reticulatum* et les Dinophycées (*Peridinium aciculiferum* et *Peridiniopsis elpatiewskyi*) avec des richesses spécifiques voisines ; elles représentent, successivement, 6 et 5% du total. La contribution des Cyanobactéries (*Merismopedia punctata* et *phormidium tenue*), reste timide ; elles constituent seulement 1 %. Néanmoins, le 28 mai un développement important des Chlorococcales a été observé avec un pourcentage de 75% du total des classes présentes.

Quant aux autres étangs A4 et B5, les Diatomophycées forment l'essentiel des groupes planctoniques présents le 13 et le 28 mai avec représentation assez minime des chlorophycées (chlorococcales et volvocales). Au mois de juin, ce sont les Chlorococcales qui prolifèrent et dominent avec un maximum de 66% en A4 et 69% en B5 le 03 juin.

Concernant le zooplancton, il est représenté par les rotifères, les cladocères et les copépodes. Les rotifères (*Asplanchna sp.*, *Keratella tecta*, *Epiphane sp.* et *Notholca squamula*) assurent la grande part de cette richesse taxinomique avec 35% et 33 % du total du plancton respectivement au niveau de l'étang A1 le 13 mai et B5 le 28 mai. Ces rotifères présents dans tous les étangs au mois de mai disparaissent de l'étang B5 au mois de juin. Les cladocères (*Daphnia sp.*) sont relativement mieux représentés le 28 mai avec 3% de la richesse spécifique totale dans l'étang A1. Les copépodes représentés par *Cyclops sp.* et *Eucyclops sp.* présentent un maximum de 2% du total du plancton dans l'étang A4 le 3 juin.

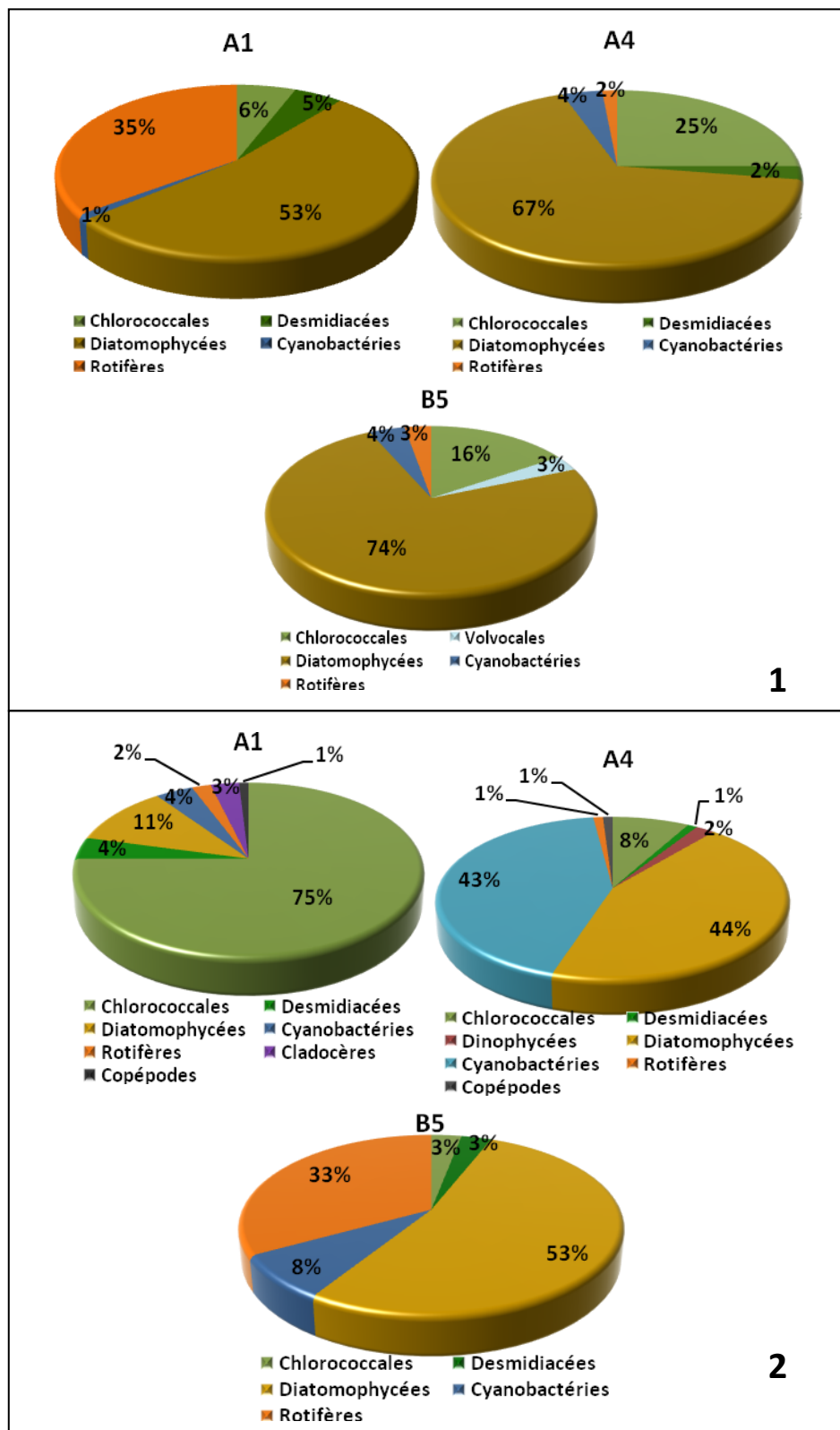


Figure 17 :Importance relative de l'abondance des différents groupes planctoniques observés au cours de l'étude dans les trois étangs d'alevinage de la carpe argentée : 13 mai 2013 (1) et 28 mai 2013 (2).

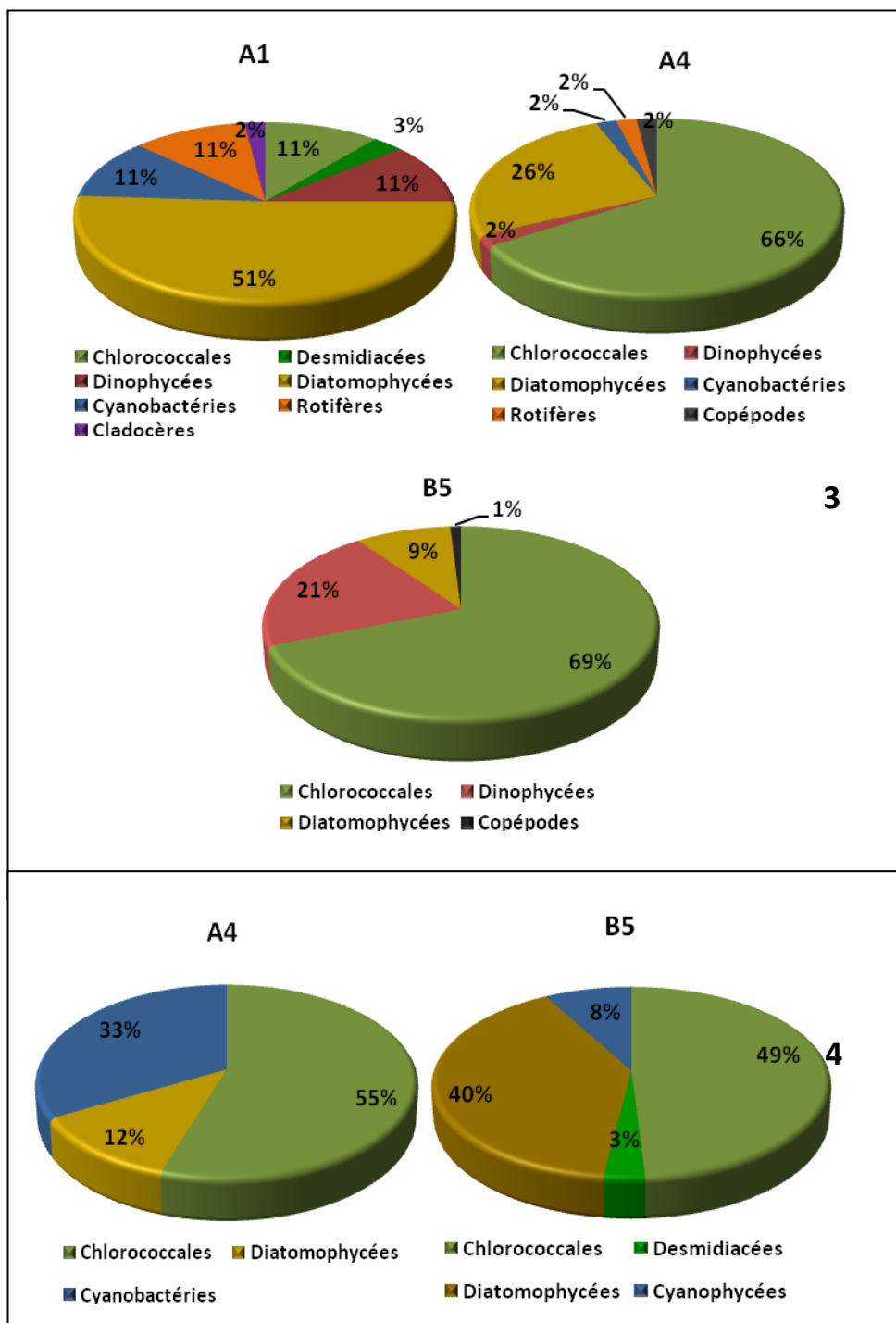


Figure 18 : Importance relative de l'abondance des différents groupes planctoniques observés au cours de l'étude dans les trois étangs d'alevinage de la carpe argentée : 03 juin 2013 (3) et 11 juin 2013 (4).

### b. Etangs à carpe herbivore

Après trois jours du déversement des alevins de la carpe herbivore, les Diatomophycées représentés par *Nitzschia dissipata* et *Fragilaria crotonensis* et la Chlorococcale *Coelastrum reticulatum* var. *reticulatum* prolifèrent et dominent le phytoplancton au niveau des étangs F3 et F5. En progressant le long de la période d'alevinage, ces deux groupes restent les plus dominants (Figures 19). Les Cyanobactéries représentées par *Lyngbya bipunctata* et *Phormidium tenue* viennent en deuxième position après ces deux groupes. Il est à signaler qu'au niveau de ces deux étangs, les Zygnématales sont absents.

Au niveau de l'étang A2, les Diatomophycées constituent les taxons les plus abondants le 13 mai et le 28 mai. D'une moindre importance, nous trouvons les Cyanobactéries (*Phormidium tenue* et *Oscillatoria tenuis*), suivies des Chlorococcales et des Desmidiacées. En Juin, ce sont les Chlorococcales qui abondent et représentent 50% de la totalité de la richesse spécifique.

Le zooplancton est peu représenté avec des rotifères et des copépodes. Les rotifères représentent 10% de la richesse spécifique totale le 13 mai (figure 19) alors qu'ils sont seulement de 1% après 15 jours (figure 20). Ces espèces zooplanctoniques n'ont pas été détectées dans les trois étangs au mois de juin.

### c. Etang à Carpe commune

A la lumière de la Figure 21, après trois jours du déversement des alevins de la carpe commune (13 mai), les Chlorococcales (*Coelastrum reticulatum* var. *reticulatum* et *Scenedesmus protuberans*) et les Diatomophycées (*Nitzschia dissipata* et *Synedra ulna*) sont les classes de phytoplancton les plus abondantes au niveau de l'étang étudié (C2) ; les pourcentages sont respectivement 44 et 35%. Les mêmes groupes ont été présents le 28 mai ; elles représentent successivement 34 et 32%. Les Cyanobactéries (*Oscillatoria* sp.) ont été moins dominantes avec une importance d'abondance relative de 24%. Les autres groupes (Desmidiacées (*Cosmarium botrytis* et *Staurastrum orbiculare*), Dinophycées (*Peridiniopsis elpatiewskyi*) n'atteignent que 5% et 4% respectivement.

Le zooplancton est représenté uniquement par des Copépodes avec 1% du plancton total le 28 mai.

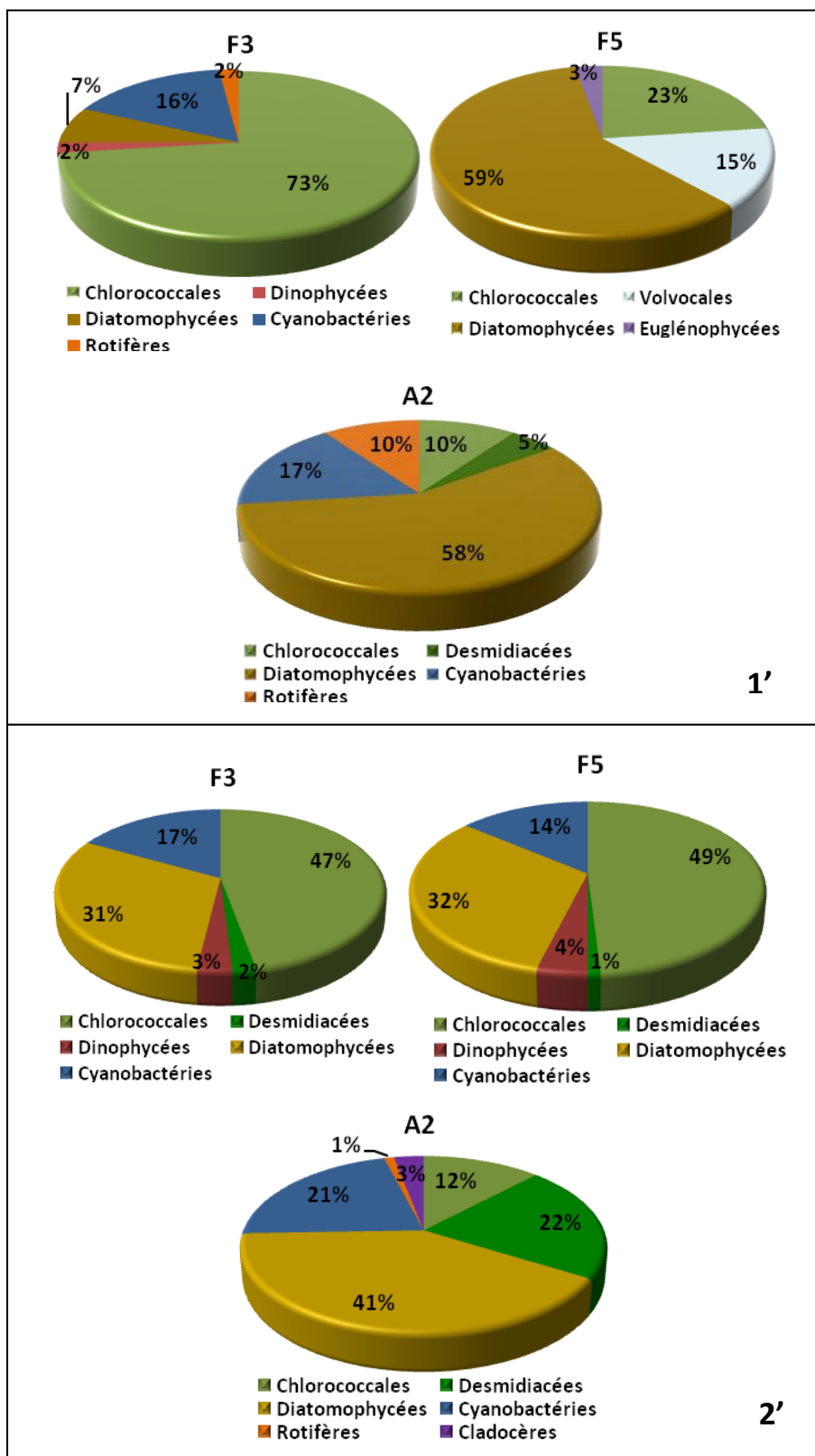


Figure 19: Importance relative de l'abondance des différents groupes planctoniques observés au cours de l'étude dans trois étangs d'alevinage de la carpe herbivore en 13 mai 2013 (1') et en 28 mai 2013 (2').

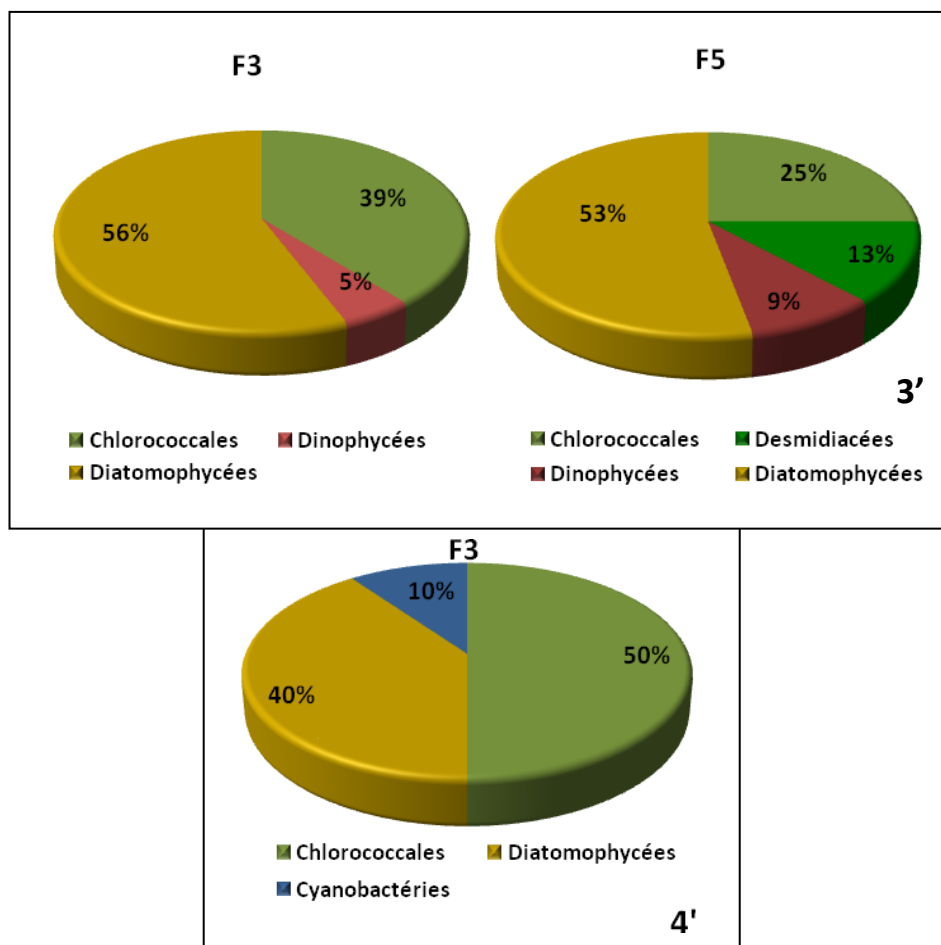


Figure 20: Importance relative de l'abondance des différents groupes planctoniques observés au cours de l'étude dans les étangs d'alevinage de la carpe herbivore F3 et F5 en 03 juin 2013 (3') et dans l'étang F3 d'alevinage de la carpe herbivore en 11 juin 2013 (4').

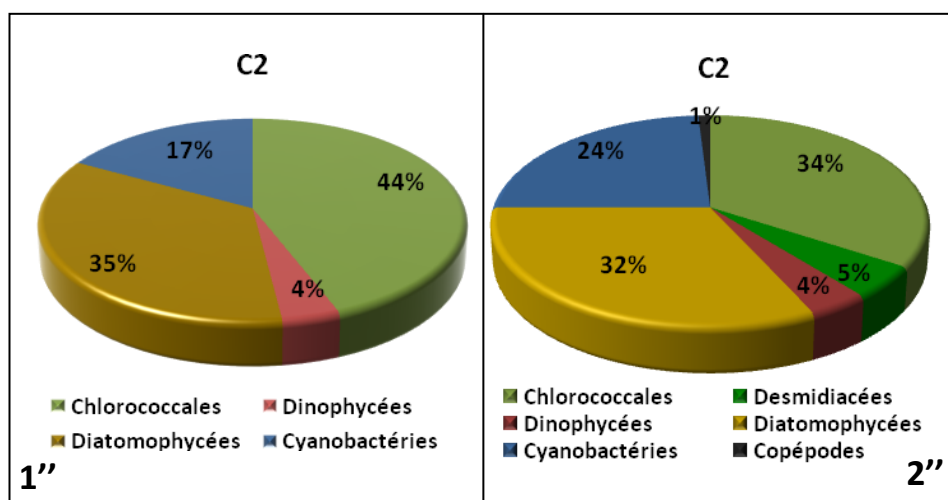


Figure 21: Importance relative de l'abondance des différents groupes planctoniques observés au cours de l'étude dans l'étang C2 d'alevinage de la carpe commune : 13 mai 2013 (1'') et 28 mai 2013 (2'').

#### 4. Discussion et conclusion

L'analyse des populations algales au niveau des étangs d'alevinage de la Deroua, a permis de déceler différents groupes d'algues se succédant les uns aux autres parallèlement aux éléments nutritifs présents dans le milieu, ainsi qu'aux variations de la température. Ceci est également montré par Wurtz (1958) et Barbe et al. (1991) et Hasnaoui et al., 2002b)

Le choix de la période d'étude est basée sur les études antérieures sur cette station et surtout à la prolifération printanière des populations planctoniques. Le développement optimal n'est atteint que 10 à 16 jours après la mise en eau des étangs. Nous avons noté l'installation du groupe composé de Chlorophycées et de Diatomophycées de petite taille qui sont facilement ingérées par le zooplancton. Ensuite, apparaissent les Cyanobactéries. Cette succession du phytoplancton dans les étangs corrobore les constatations de Barroin (1992), Sevrin-Reyssac (1995) et confirment les résultats apportés par les études antérieures sur cette même station de pisciculture (Hasnaoui, 2001 ; Hasnaoui et al., 2002a, 2002b et 2007) qui indiquent que le phytoplancton dans les étangs de la station Deroua est dominé par les Diatomophycées, les Chlorophycées et les Cyanobactéries avec une alternance et une diversité spécifique dépendantes de la disponibilité des nutriments et de la gestion des étangs.

En définitive, nous pouvons conclure que les Diatomophycées et les Chlorococcales sont les groupes les plus importants et les plus diversifiés du phytoplancton des étangs d'alevinages de carpe argentée, de carpe herbivore et de carpe commune de la Deroua au cours de la période d'alevinage mai-juin 2013, cette même constatation a été révélée par El Alami (2010), durant la période d'alevinage de la carpe argentée en 2010.

*Nitzschia dissipata*, *Nitzschia amphibia* et *Navicula veneta* sont les espèces de Diatomées les plus dominantes. Germain (1981) a signalé que la prédominance de *Nitzschia* est le trait habituel de tout peuplement diatomique. Dans la classe des Chlorococcales, c'est le genre *Coelastrum reticulatum* var. *reticulatum* qui prédomine. Au sein des Cyanobactéries, 3 espèces à savoir *Merismopedia punctata*, *Oscillatoria tenuis*, et *Phormidium tenue* sont les plus rencontrées. Ces mêmes espèces sont inventoriées par Hasnaoui (2001) au niveau des étangs d'alevinage de la Deroua pendant la période d'alevinage 1997.

## II. Régime alimentaire des alevins de carpes étudiées

### 1. Introduction

Pour tout animal, la nourriture est la source unique d'acquisition d'énergie qu'il utilisera ensuite à des fins diverses. La recherche des aliments est donc une activité essentielle pour le poisson qui y consacre une part importante de son temps, voire même l'essentiel de son activité.

Un problème majeur pour tout poisson est de décider du moment où il va se nourrir, du lieu et de la durée de la période d'alimentation, des proies qui sont les plus adéquates (taille et valeur nutritionnelle), de la manière dont il va rechercher ces proies et les capturer. De ce



point de vue, certains considèrent les stratégies alimentaires comme des systèmes de prise de décision (Cézilly et al., 1991).

Cette partie consiste à l'étude du régime alimentaire des alevins des trois espèces de carpes (argentée, herbivore et commune) dans les étangs d'alevinage de la Deroua, afin de déterminer les préférences alimentaires en fonction de l'espèce, de la taille et du milieu.

## 2. Résultats et discussions

### 2.1 Croissance des alevins de carpes

Durant la période d'alevinage mai-juin 2013, 126 alevins ont été mesurés et pesés (longueur totale et poids total).

La capture des alevins de carpes est effectuée durant les quatre campagnes au niveau des différents étangs tenant compte du jour de déversement.

#### 2.1.1 Carpe argentée

Les tailles des alevins de la carpe argentée relevées varient entre 8 mm (1<sup>er</sup> jour du déversement) et 23 mm (40<sup>ème</sup> jour du déversement) (Figure 22).

L'évolution de la taille en fonction de la durée d'alevinage montre que l'accroissement moyen durant les 11 premiers jours après le déversement était de 2,6 mm (de 8 mm à 10,6 mm). Du 11<sup>ème</sup> jour au 18<sup>ème</sup> jour après le déversement, l'accroissement moyen s'élève à 5,73 mm en 7 jours. Puis cette croissance devient lente du 18<sup>ème</sup> au 40<sup>ème</sup> jour avec un accroissement moyen de 6,67 mm en 22 jours, il a passé de 16,33 mm à 23 mm. Pendant les 8 derniers jours, la croissance a tendance à se stabiliser.

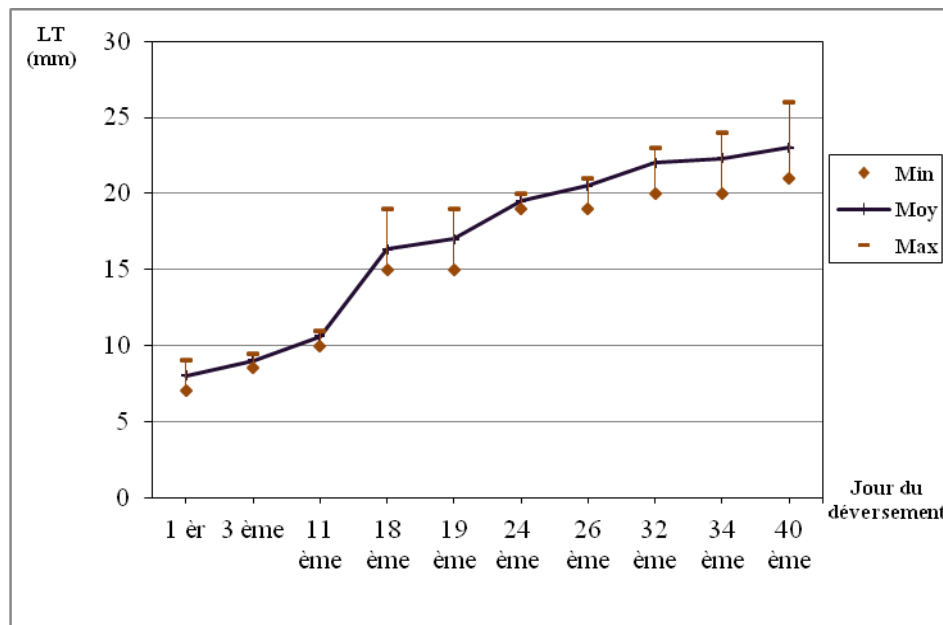


Figure 22: Evolution de la taille moyenne, minimale et maximale des alevins de la carpe argentée (CA).

Le poids moyen des alevins de la carpe argentée varie fortement avec le temps (Figure 23). De 4,25 mg le jour du déversement des alevins, à 194 mg le 40<sup>ème</sup> jour. Ainsi, dès le 26<sup>ème</sup> jour du déversement, le poids des alevins a considérablement augmenté chez les individus de même âge.

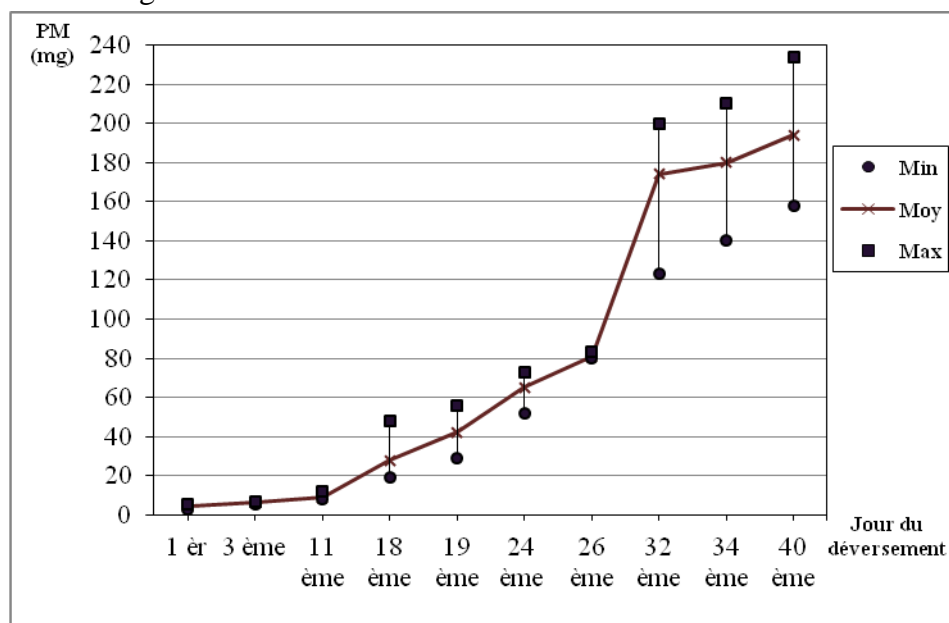


Figure 23: Evolution du poids moyen, minimal et maximal des alevins de la carpe argentée (CA).

### 2.1.2 Carpe herbivore

La croissance en taille des alevins de carpe herbivore durant les trois premiers jours est presque négligeable, elle varie de 8,25 mm (le 1<sup>er</sup> jour) à 8,5 mm (le 3<sup>ème</sup> jour). A partir de là, la croissance devient maximale avec une taille moyenne qui avoisine 58 mm. Nous avons enregistré un accroissement moyen important de 32,8 mm en 21 jours (du 3<sup>ème</sup> au 24<sup>ème</sup> jour) et de 16 mm du 29<sup>ème</sup> au 32<sup>ème</sup> jour (Figure 24).

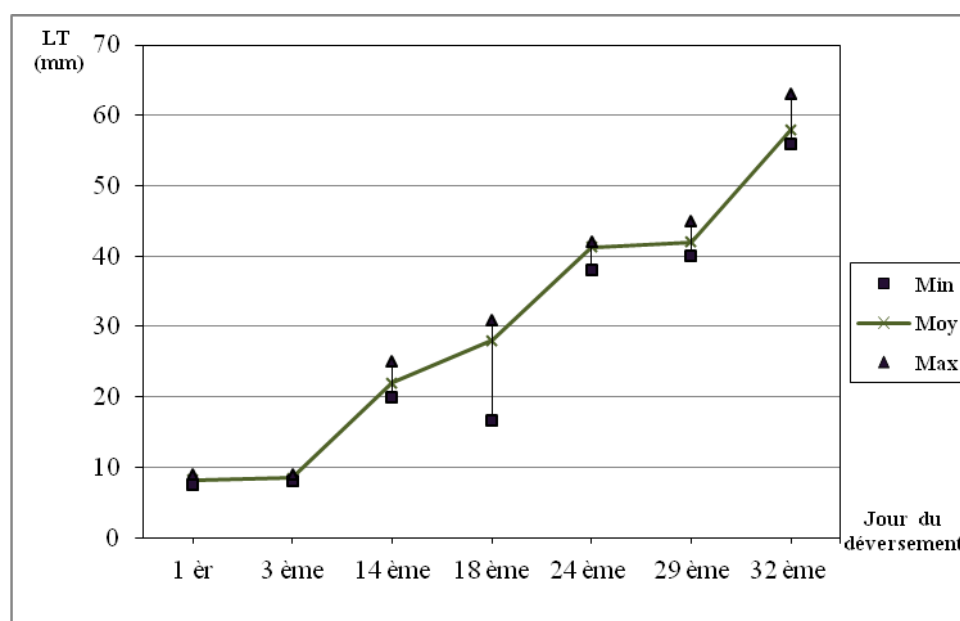


Figure 24: Evolution de la taille moyenne, minimale et maximale des alevins de la carpe herbivore (CH).

Concernant l'évolution du poids, il a été constaté qu'à partir du 3<sup>ème</sup> jour où le poids était de 4,75 mg, le poids des alevins a subi une augmentation assez remarquable avec un poids moyen de 2740 mg le 32<sup>ème</sup> jour de déversement (Figure 25) liée vraisemblablement à la disponibilité des algues filamenteuses (*Spirogyra*) et des végétaux supérieurs existants le fond des étangs.

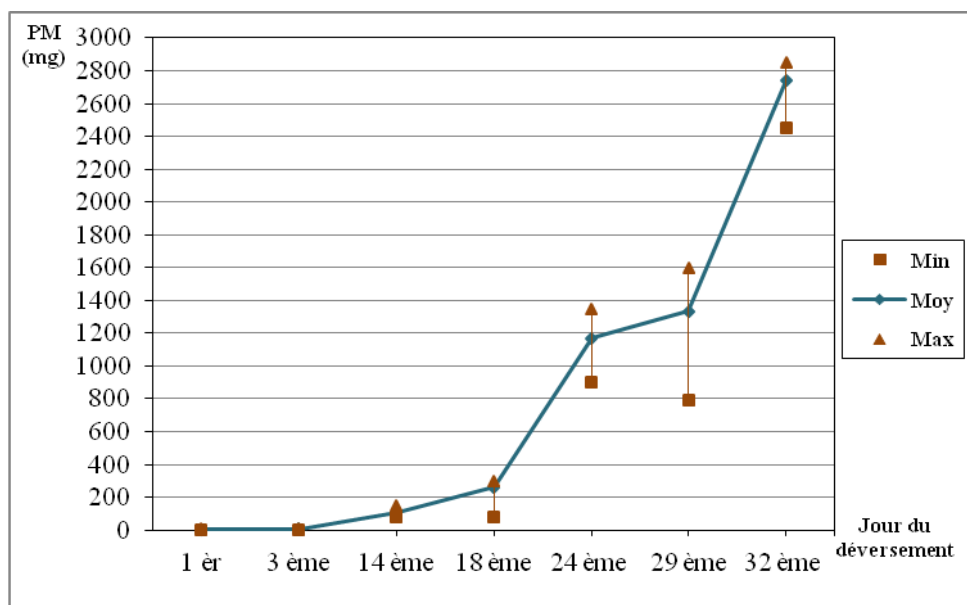


Figure 25: Evolution du poids moyen, minimal et maximal des alevins de la carpe herbivore (CH).

### 2.1.3 Carpe commune

Les deux Figures 26 et 27, montrent l'évolution de la taille moyenne et du poids moyen des alevins de carpe commune qui augmentent de 8 à 44,6 mm et de 5,6 à 1290 mg respectivement. L'accroissement en taille moyenne est de 36,6 mm, celui en poids moyen est de 1284,4 mg, ceux-ci en 34 jours. L'écart de poids maximal entre les alevins du 34<sup>ème</sup> jour est important, il est de 590 mg.

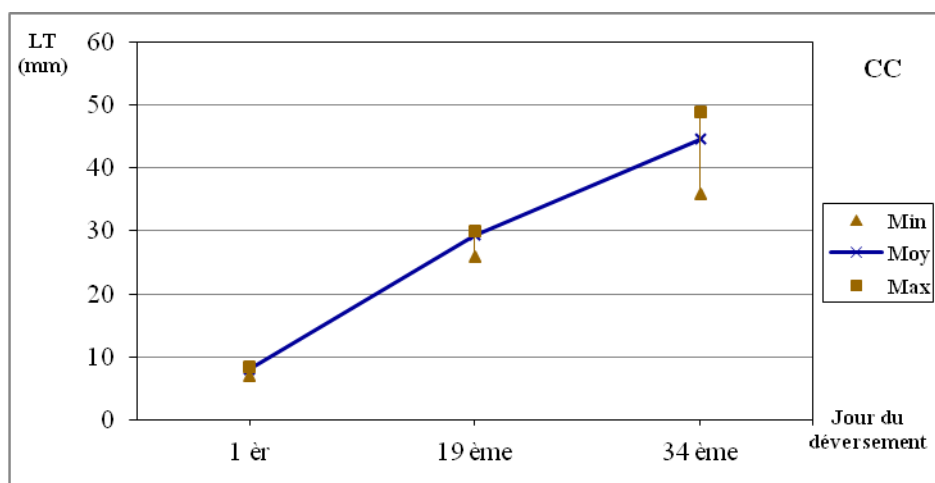


Figure 26: Evolution de la taille moyenne, minimale et maximale des alevins de la carpe commune (CC).

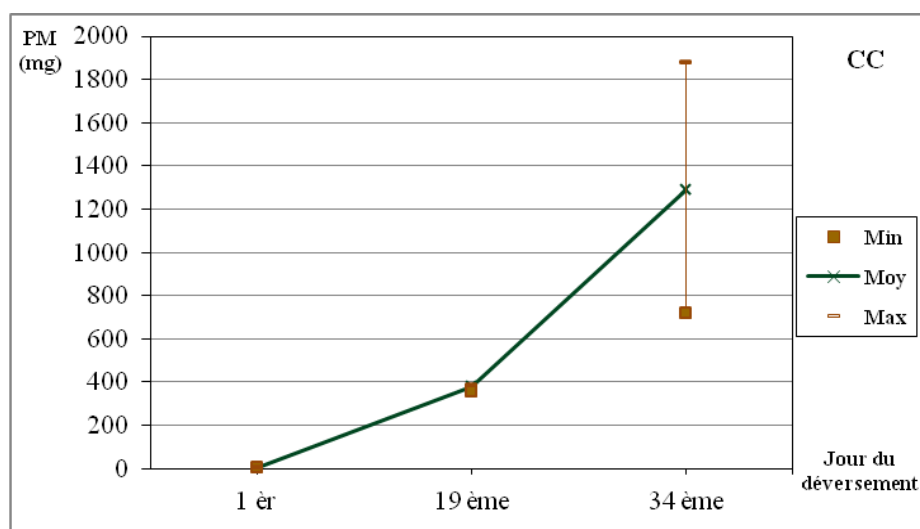


Figure 27: Evolution du poids moyen, minimal et des alevins de la carpe commune (CC) au cours de la période d'alevinage 2013.

La comparaison entre la croissance en poids et celle en taille chez les trois espèces CA, CH et CC, montre que la croissance de la carpe herbivore et de la carpe commune est très importante que celle de la carpe argentée ; Ceci serait probablement lié à la croissance des algues filamenteuses (*Spirogyra majuscula* et *Spirogyra varians*) en surface, de la Characée *Chara vulgaris* et la Ceratophyle *Ceratophyllum submersum* au fond des étangs qui viennent puiser les éléments nutritifs nécessaires au développement naturel des populations phytoplanctoniques servant de nourriture pour la carpe argentée.

## 2.2 Régime alimentaire des trois espèces de carpes

L'alimentation est une fonction vitale que le poisson doit pouvoir assouvir en s'adaptant aux contraintes imposées par son environnement. Ce régime alimentaire varie ainsi en fonction de l'état ontogénique du poisson (Amara & al., 2001). Il peut être également modulé en fonction de la disponibilité en nourriture, cette dernière constituant une caractéristique essentielle de la qualité de l'habitat (Belaifa et al., 2013). De ce fait, l'analyse des contenus des tubes digestifs nous renseigne non seulement sur le comportement alimentaire de la carpe, mais aussi sur la répartition en proies, leur qualité et quantité.

Les poissons changent beaucoup en taille et en poids au cours de leur développement. Leurs besoins nutritionnels ainsi que leur comportement alimentaire varient également.

### 2.2.1 Etude du spectre alimentaire des trois espèces de carpes étudiées

Les résultats relatifs aux analyses des contenus des tubes digestifs des alevins de la *carpe argentée* (tableau 9) nous ont permis distinguer deux composantes :

- Une composante permanente, constituée par les proies les plus abondantes et les plus fréquentes dans les tubes digestifs étudiés. Il s'agit des Diatomophycées dominés par *Navicula veneta*, *Navicula cryptocephala*, *Nitzschia sp.* et *Nitzschia amphibia*, et des Chlorococcales dont les espèces les plus abondantes sont *Coelastrum reticulatum* var. *reticulatum* (photo 4), *Coelastrum microporum* var. *microporum* (photo 6),

*Scenedesmus protuberans* (photo 5) et *Scenedesmus acutus* (Annexe 1). Le régime alimentaire des alevins de la carpe argentée des étangs d'alevinage la Deroua, dont la taille varie de 0,9 à 3,4 cm confirme le caractère phytophage de ces alevins pendant la période d'échantillonnage.

Qualitativement cette composante permanente a été observée chez les alevins des trois étangs étudiés. Du point de vue quantitatif, les Diatomophycées et les Cyanobactéries abondent dans les contenus des tubes digestifs des individus capturés de l'étang A1, les Diatomophycées et les Chlorococcales chez ceux de l'étang A4. En revanche, chez les alevins de l'étang B5, les proies les mieux représentées sont les Chlorococcales (presque exclusivement *Coelastrum reticulatum* var. *reticulatum*), les Diatomophycées (*Nitzschia dissipata* et *Epithemia argus* var. *longicornis* sont les espèces les plus abondants) et les Dinophycées (surtout l'espèce *Peridiniopsis elpatiewskyi* (photo 7) (Annexe 1).

- Une composante occasionnelle, représentée par les proies les moins abondants et les moins observées au niveau des tubes digestifs. Elle regroupe les Desmidiacées, les Zygnématales, les Rotifères, les Copépodes et les Cladocères. Les fluctuations de cette composante sont très peu importantes.

Tableau 9 : Valeurs des fréquences d'occurrence (Io) et des indices numériques (Iab) des différentes proies ingérées par les alevins de la carpe argentée (Etangs A1, A4 et B5).

		A1		A4		B5	
Groupe / Famille / Classe		Io %	Iab %	Io %	Iab %	Io %	Iab %
Phytoplancton	<b>Chlorophycées (Chlorococcales)</b>	31,95	18,57	28,83	41,74	28,57	39,79
	<b>Desmidiacées</b>	3,993	2,143	4,054	2,609	5,357	1,384
	<b>Zygnématales</b>	0,998	0,714	0,901	0,435	1,786	0,692
	<b>Dinophycées</b>	3,993	0,714	4,054	2,174	5,357	21,8
	<b>Diatomophycées</b>	44,92	48,57	45,05	46,09	52,98	35,99
	<b>Cyanobactéries</b>	7,986	22,86	8,108	1,739	1,786	0,346
Zooplancton	<b>Rotifères</b>	0,998	0,714	4,054	2,609	0	0
	<b>Copépodes</b>	0,998	0,714	3,604	2,174	0	0
	<b>Cladocères</b>	5,99	5	1,351	0,435	0	0



Photo 4: *Coelastrum reticulatum* var. *reticulatum*



Photo 5: *Scenedesmus protuberans*

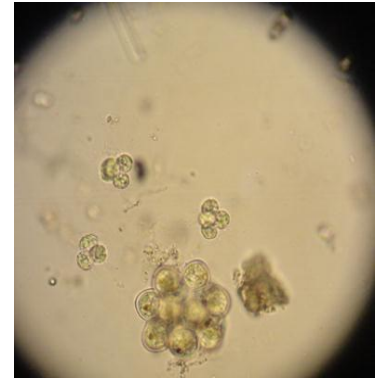


Photo 6 : *Coelastrum microporum* var. *microporum*

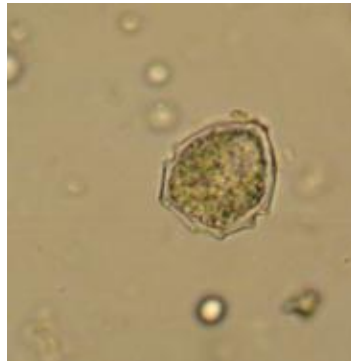


Photo 7: *Peridiniopsis elpatiewskyi*

(Source des photos: Contenu du tube digestif des individus des étangs A1, A4 et B5. Grossissement  $\times 400$ )

En période d'alevinage mai – juin 2013, les individus de *la carpe herbivore* capturés des étangs A2, F3 et F5 ont eu une préférence alimentaire pour les Diatomophycées (respectivement  $I_o = 46,3\%$ ,  $I_o = 34,13\%$  et  $I_o = 41,33\%$ ) représentées surtout par *Nitzschia dissipata* et *Fragilaria crotonensis* (Annexe 2) et les Chlorococcales qui sont relativement importants dans l'alimentation des alevins de l'étang F3 ( $I_o = 28,83\%$ ) et ceux de l'étang F5 ( $I_o = 26,79\%$ ).

Quantitativement, les Zygnématales (*Spirogyra majuscula*) ( $I_{ab} = 76,34\%$ ) a été l'aliment le plus important des individus capturées de l'étang A2 alors que les autres ont été accidentels. Au niveau des deux étangs F3 et F5, les taxons appartenant aux Chlorococcales ( $I_{ab} = 54,22\%$  et  $I_{ab} = 17,5\%$ ) et aux Diatomophycées ( $I_{ab} = 33,33\%$  et  $I_{ab} = 70\%$ ) ont été les plus abondants (Tableau 10).

Concernant les alevins de *la carpe commune* capturés de l'étang C2, les Chlorococcales ( $I_o = 24,6\%$ ) et les Diatomophycées ( $I_o = 36,2\%$ ) ont été les items proies les plus abondants. La fraction animale a été quantitativement la plus importante du spectre

*Résultats et discussions : Physicochimie de l'eau, dynamique des peulements planctoniques et régime alimentaire des alevins de carpes- période d'alevinage 2013*

alimentaire de cette espèce (Tableau 10), avec Iab de 59,89% (23,73% de Rotifères (*Asplanchna priodonta* (photo 11) et *Keratella cochlearis* (photo 13)), 18,08% de Copépodes (*Cyclops sp.* et *Eucyclops sp.*) (photo 9), 6,215% de Cladocère (*Bosminida sp.*) (photo 12), 5,085% de larves d'insectes (photo 8) et 6,78% de fragments d'insectes (photo 10).

**Tableau 10:** Valeurs des fréquences d'occurrence (Io) et des indices numériques (Iab) de différentes proies ingérées par les alevins de la carpe herbivore (Etangs A2, F3 et F5) et celles de la carpe commune (Etang C2).

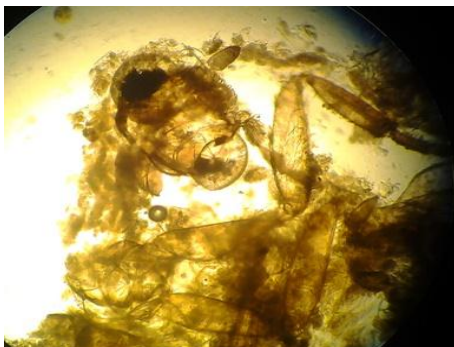
Groupe / Famille / Classe	Carpe herbivore						Carpe Commune	
	A2		F3		F5		C2	
	Io %	Iab %	Io %	Iab %	Io %	Iab %	Io %	Iab %
<i>Chlorococcales</i>	7,407	3,053	28,83	54,22	26,79	17,5	24,6	14,12
<i>Desmidiacées</i>	11,11	1,145	2,381	0,444	5,333	0,833	1,45	1,13
<i>Zygnématales</i>	11,11	76,34	0	0	0	0	0	0
<i>Dinophycées</i>	0	0	4,762	0,889	0	0	0	0
<i>Diatomophycées</i>	46,3	11,07	34,13	33,33	41,33	70	36,2	20,9
<i>Cyanobactéries</i>	5,556	0,382	7,937	8,889	6,667	5	5,8	1,695
<i>Rotifères</i>	5,556	0,382	1,587	0,444	4	0,833	5,8	23,73
<i>Copépodes</i>	3,704	3,817	3,968	0,444	13,33	2,5	8,7	18,08
<i>Cladocères</i>	0	0	0	0	2,667	0,833	1,45	6,215
<i>Larves d'insectes</i>	5,556	1,145	3,175	0,889	4	1,667	7,25	5,085
<i>Fragments d'insectes</i>	3,704	2,672	2,381	0,444	6,667	0,833	8,7	6,78



*Photo 8: Larve d'insecte*



*Photo 9: Copépode*



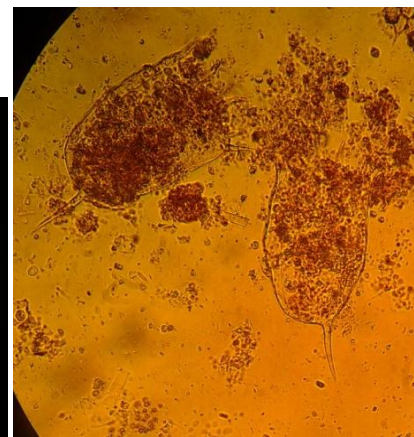
*Photo 10: Fragment d'insecte*



*Photo 11: Fragment Asplanchna priodonta Gosse*



*Photo 12: Bosminida sp.*



*Photo 13: Keratella cochlearis*

*(Source des photos: Contenu du tube digestif des individus des étangs A1, A4 et B5. Grossissement  $\times 400$ )*

## **2.2.2 Etude de l'indice alimentaire**

### **a. Carpe argentée**

En vue de dégager les tendances alimentaires des alevins de la carpe argentée, nous avons utilisé l'indice alimentaire de Lauzanne (1975, 1976) (tableau 11).



Les valeurs des indices alimentaires des différentes proies ingérées par les alevins de la carpe argentée montrent qu'au niveau de l'étang A1, les Diatomophycées sont classés en proies importantes (IA est de 21,05%), alors que les Chlorococcales, les Cyanobactéries, les Desmidiacées et les Dinophycées sont classés en proies secondaires (IA n'atteint pas 5%).

L'examen des indices alimentaires de différentes catégories de proies ingérées par les alevins de l'étang A4 indique que les Diatomophycées et les Chlorococcales sont les proies importantes (IA est respectivement de 23,02% et 13,54%), les autres proies telles que les Cyanobactéries, les Desmidiacées, les Dinophycées, les Rotifères et les Copépodes sont les proies essentielles (IA < 1%).

Pour l'étang B5, les proies importantes sont représentées par les Chlorococcales (IA de 14,61%), alors que les Diatomophycées, les Desmidiacées et les Dinophycées constituent les proies secondaires dans le régime alimentaire de ce poisson avec un IA inférieur à 10. Ainsi, les alevins de la carpe argentée, poisson phytophage et d'habitude zoophage dans les premiers stades de leurs vies.

Cette différence de préférence entre les trois étangs nous a poussé à étudier les variations des indice volumétrique et alimentaire en fonction de la taille des alevins, dans le but de mieux caractériser les tendances alimentaires des alevins de la carpe au cours de leur période d'alevinage dans les étangs étudiés.

*Tableau 11: Composition générale et indices alimentaires relatifs aux différentes catégories de proies des alevins de la carpe argentée, Etangs A1, A4 et B5*

*(Np = nombre de points de la catégorie « p » d'aliment, \* signifie < 0,001).*

Groupe/Famille / Classe	A1				A4				B5			
	Io %	Np	Iv %	IA %	Io %	Np	Iv %	IA %	Io %	Np	Iv %	IA %
<b>Chlorococcales</b>	31,95	165	15,02	4,799	28,83	885	46,97	<u>13,54</u>	28,57	1501	51,15	<u>14,61</u>
<b>Desmidiacées</b>	3,993	2,5	0,228	0,009	4,054	5	0,265	0,011	5,357	6,5	0,222	0,012
<b>Zynématales</b>	0,998	0,5	0,046	*	0,901	0,5	0,027	*	1,786	2	0,068	*
<b>Dinophycées</b>	3,993	0,5	0,046	0,002	4,054	8	0,425	0,017	5,357	880	29,99	1,607
<b>Diatomophycées</b>	44,92	513	46,85	<u>21,05</u>	45,05	963	51,11	<u>23,02</u>	52,98	544,5	18,56	9,83
<b>Cyanobactéries</b>	7,986	402	36,71	2,932	8,108	3	0,159	0,013	1,786	0,5	0,017	*
<b>Rotifères</b>	0,998	0,5	0,046	*	4,054	9	0,478	0,019	0	0	0	0
<b>Copépodes</b>	0,998	0,5	0,046	*	3,604	10	0,531	0,019	0	0	0	0
<b>Cladocères</b>	5,99	10,5	0,959	0,057	1,351	0,5	0,027	*	0	0	0	0
<b>Total</b>	--	1095	99,95	--	--	1884	100	--	--	2934,5	100	--

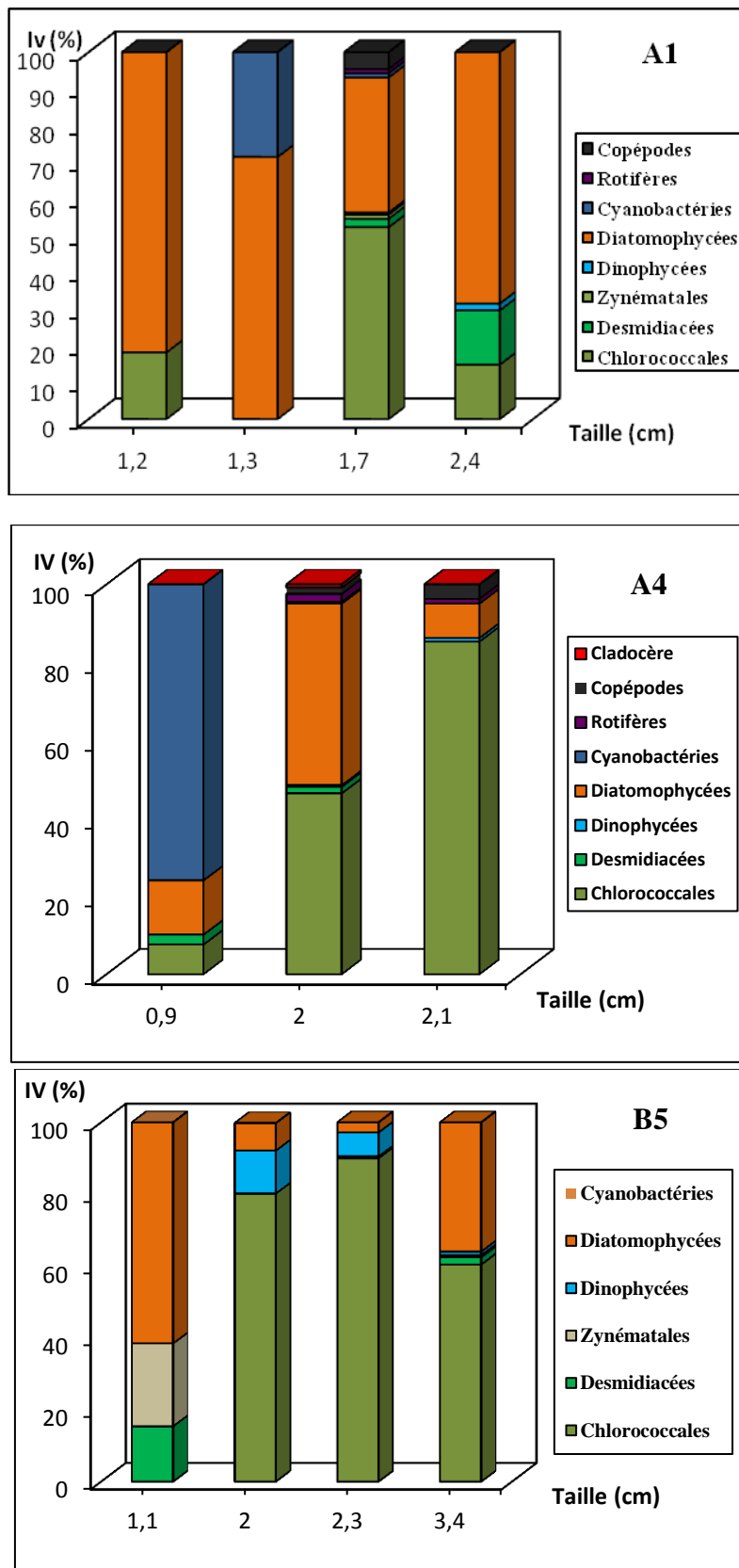


Figure 28: Variations de l'importance relative (indices volumétriques IV) des différentes proies consommées en fonction de la taille des alevins de la carpe argentée capturées des étangs A1, A4 et B5.

Les résultats de la Figure 28 montrent qu'au niveau des trois étangs A1, A4 et B5, les tubes digestifs examinés des individus dont la taille est comprise entre 0,9 à 3,4 cm renferment généralement du phytoplancton soit sous forme de fragments soit sous forme de masse verte (photo 14). Il s'agit généralement de Diatomophycées (*Nitzschia amphibia*, *Nitzschia dissipata* et *Epithemia argus* var. *longicornis*), de Chlorococcales (*Coelastrum reticulatum* var. *reticulatum*, *Kirchneriella obesa* et *Scenedesmus serratus*) et de Cyanobactéries (*Oscillatoria tenuis* et *Microcystis viridis*).

Le zooplancton est aussi présent dans les tubes digestifs étudiés mais en petites fractions et est représenté par des Rotifères (*Lecane monostyla*, *Trichocera* sp. et *Asplanchna priodonta*) et des Copépodes (*Eucyclops lilljeborgi*). Ceci est en accord avec les études réalisées par Billard (1997) ; Bruslé et Quignard (2001), MPO (2005), FAO (2009 - 2011b) qui montrent que la carpe argentée filtre l'eau et se nourrit de phytoplancton (Diatomées, Dinoflagellés), de Cyanobactéries (*Oscillatoria*, *Aphanizomenon*, *Microcystis*, etc.) et de zooplancton (rotifères, petits crustacés, cladocères).

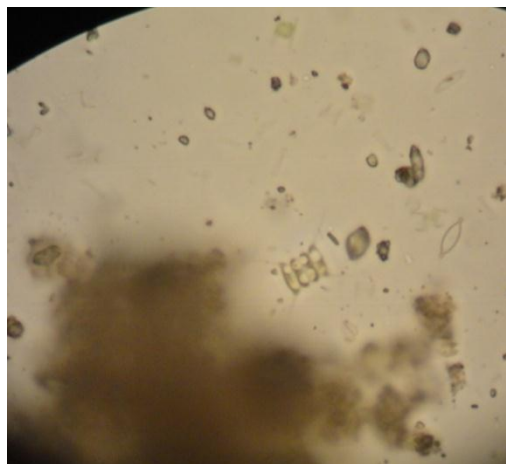


Photo 14: Masse verte et quelques espèces phytoplanctoniques.

Pour les individus capturés de l'étang A1 où la taille varie de 1,2 cm à 2,4 cm, les Diatomophycées prédominent et présentent un indice volumétrique allant de 68,52% à 81,82% du volume total des proies sachant bien qu'au niveau de l'individu à petite taille (1,2 cm) l'indice volumétrique est le plus élevé (81,82%). Au cours de cette période d'échantillonnage, les individus capturés des étangs A4 et B5 dont la taille est de 2 à 3,4 cm se nourrissent quantitativement des Chlorococcales, Les exceptions enregistrées à ce niveau sont :

- les Cyanobactéries (*Oscillatoria tenuis* et *Microcystis viridis*) dominent dans le tube digestif des individus de taille 0,9 cm capturés de l'étang A4 mais ne sont pas digérées puisque les masses vertes trouvées ont été analysées et montrent que les colonies de *Microcystis viridis* n'ont pas été dégradées. D'après Sevrin-Reyssac et al. (1990), la carpe argentée n'a aucune action sur les algues de petite taille dont le taux de multiplication est extrêmement rapide. Les structures branchiales de cette espèce ne retiennent pas les petites espèces phytoplanctoniques dont la taille est inférieure à 10 µm (Komarkova, 1998 ; Vörös et al., 1997). Ces résultats confirment aussi ceux trouvés dans la même station Deroua en 1997 où

les pelotes fécales de la carpe argentée ont révélé l'existence d'un grand nombre de colonies de *Microcystis aeruginosa* (Hasnaoui et al., 2002a).

L'Onep (1989) rapporte que les analyses du contenu stomacal de la carpe argentée prélevée dans les cages suspendues dans le lac-réservoir Sidi Mohammed Ben abdellah (Maroc) montrent que cette espèce se nourrit de nano et de microplancton. Ceci est confirmé par notre seconde observation qui est la présence d'*Oscillatoria tenuis* au niveau du contenu stomacal sous forme de petits fragments montrant qu'elle est bien broutée par ce poisson.

- les Zygnématales présentant un IV = 23,08% du volume total des proies ingérées par les individus de taille de 1,1 cm pris de l'étang B5, n'ont probablement pas été digérées. Ceci confirme les résultats des travaux réalisés par (Dokulil, 1979 ; Vôrôs et al., 1997) qui rapportent qu'une grande partie des cellules phytoplanctoniques peut suivre un transit intestinal sans être digérée.

### b. Carpe herbivore

Les résultats de l'indice alimentaire des différentes catégories de proies ingérées par les alevins de la carpe herbivore des trois étangs étudiés sont présentés au niveau du tableau 12.

Les tendances alimentaires des alevins de la carpe herbivore capturés dans les trois étangs étudiés, montrent que les Zygnématales sont classées en proies importantes (IA = 10,47%) pour l'étang A2, les Chlorococcales sont classées aussi en proies importantes au niveau de l'étang F3 (IA = 21,22%) et les Diatomophycées sont les proies essentielles des alevins de l'étang F5 (IA = 25,27%). Le zooplancton est représenté en tant que proie secondaire avec un indice alimentaire très faible ne dépassant pas 0,087%.

Tableau 12: Composition générale et indices alimentaires relatifs aux différents catégories de proies des alevins de la carpe herbivore à la station de pisciculture de la Deroua, Etangs A2, F3 et F5

(Np = nombre de points de la catégorie « p » d'aliment, \* signifie < 0,001).

Taxons	A2				F3				F5			
	Io %	Np	Iv %	IA %	Io %	Np	Iv %	IA %	Io %	Np	Iv %	IA %
<b>Chlorococcales</b>	7,407	11,5	0,339	0,025	28,83	1621	73,61	<u>21,22</u>	26,79	289,5	36,72	9,836
<b>Desmidiacées</b>	11,11	2,5	0,074	0,008	2,381	0,5	0,023	*	5,333	0,5	0,063	0,003
<b>Zynématales</b>	11,11	3200	94,23	<u>10,47</u>	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Dinophycées</b>	0	0	0	0	4,762	2	0,091	0,004	0	0	0	0
<b>Diatomophycées</b>	46,3	66,5	1,958	0,907	34,13	510	23,16	7,904	41,33	482	61,13	<u>25,27</u>
<b>Cyanobactéries</b>	5,556	0,5	0,015	*	7,937	64,5	2,929	0,232	6,667	10,5	1,332	0,089
<b>Rotifères</b>	5,556	0,5	0,015	*	1,587	0,5	0,023	*	4	0,5	0,063	0,003
<b>Copépodes</b>	3,704	80	2,356	0,087	3,968	0,5	0,023	*	13,33	2,5	0,317	0,042
<b>Cladocères</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	2,667	0,5	0,063	0,002
<b>Larves d'insectes</b>	5,556	6	0,177	0,01	3,175	2	0,091	0,003	4	2	0,254	0,01
<b>Fragments insectes</b>	3,704	28	0,824	0,031	2,381	0,5	0,023	*	6,667	0,5	0,063	0,004
<b>Total</b>	—	3396	99,99	—	—	2202	99,97	—	—	788,5	100	—

Le changement enregistré dans l'alimentation des alevins de la carpe herbivore d'un étang à l'autre est lié à l'absence des Zygnématales au niveau des étangs F3 et F5 durant la

période d'alevinage mai-juin 2013. D'après Shireman et Smith, 1983 ; Dabbadie, 1994 ; Billard, 1997 ; Bruslé et Quignard, 2001 ; Galveston Bay Foundation, 2002 ; Kottelat et Freyhof, 2007, les alevins de la carpe herbivore se nourrissent de zooplancton (rotifères, larves de chironomes, etc.), puis le régime alimentaire devient quasi-exclusivement herbivore au-delà de 2 à 5 cm. Plus généralement on peut dire que, ces alevins adaptent leur régime en fonction de la nourriture disponible dans le milieu.

De ces résultats, il apparaît ainsi que pour mieux cerner l'alimentation naturelle des alevins de cette espèce dans les étangs A2, F3 et F5, une étude de la variation de l'importance relative en fonction de la taille des alevins a été réalisée (Figure 29).

Cette étude a montré que dans les étangs suivis, les alevins de la carpe herbivore ayant une taille allant jusqu'à 2,2 cm consomment essentiellement du zooplancton (Copépodes) et des larves d'insectes. Le phytoplancton est également présent mais à une importance relative très faible. Pour les tailles 2,4 et 4 cm, les Diatomophycées et les Chlorococcales occupent respectivement 41,016% et 38,67% pour l'étang F3 et 79,84% et 9,67% pour l'étang F5 du volume total des proies. Le zooplancton est présent dans le bol alimentaire de ces alevins mais en faible pourcentage.

Lorsque la taille atteint 4,1 cm, le régime alimentaire des alevins de la carpe herbivore de l'étang A2 est devenu exclusivement herbivore suite à la disponibilité des Zygnématales dans le milieu. Ceci est en accord avec Bruslé et Quignard (2001) et Pípalová (2006) qui montrent que le régime herbivore des juvéniles incluent des algues filamenteuses.

En revanche, au niveau de l'étang F3 et pour les alevins de 4,3 à 6,3 cm de taille, la nourriture était composée essentiellement des Chlorococcales, aliment le plus abondant au niveau de cet étang durant cette période (Figure 29).

Ces résultats montrent que, pour survivre dans les conditions de ces milieux, les alevins de carpe herbivore adaptent, à certaines limites, leur régime aux ressources disponibles.

### **c. Carpe commune**

A la lumière du tableau 13, l'examen des indices alimentaires des différentes proies ingérées par les alevins de la carpe commune de taille comprise entre 2,8 et 4,9 cm montre que les Copépodes constituent les proies importantes dans le régime alimentaire de ces poissons ; les autres tels que les fragments d'insectes, les Rotifères, les Cladocère et les larves d'insectes étant des proies d'importance secondaire. Comme il a été indiqué par Billard, 1995a, les faibles pourcentages de Diatomophycées et de Chlorococcales trouvés au niveau des bols alimentaires examinés sont introduits dans les tubes digestifs par filtrage de l'eau respiratoire.

La Figure 30 présente l'analyse quantitative des substances trouvées dans le contenu intestinal des alevins de la carpe commune en fonction de la taille. Les résultats de cette analyse ont permis de constater que les Copépodes (*Cyclops sp*) et les fragments d'insectes ont été les items proies les plus abondants de la composition alimentaire des alevins de la carpe commune de taille variant de 2,8 à 4,9 cm. Généralement, la fraction animale a été quantitativement la plus importante du spectre alimentaire de ces alevins. Ces constatations corroborent les résultats trouvés par Paen (1918 et 1922) et Struther (1929 et 1932) qui ont

montré que la fraction animale atteint 90 % de la proportion animal-végétal dans le régime alimentaire. Elles confirment aussi les observations de Billard (1995a) qui a rapporté que l'alimentation des alevins de la carpe commune est constituée surtout de zooplancton et de larves d'insectes pendant les 33 premiers jours.

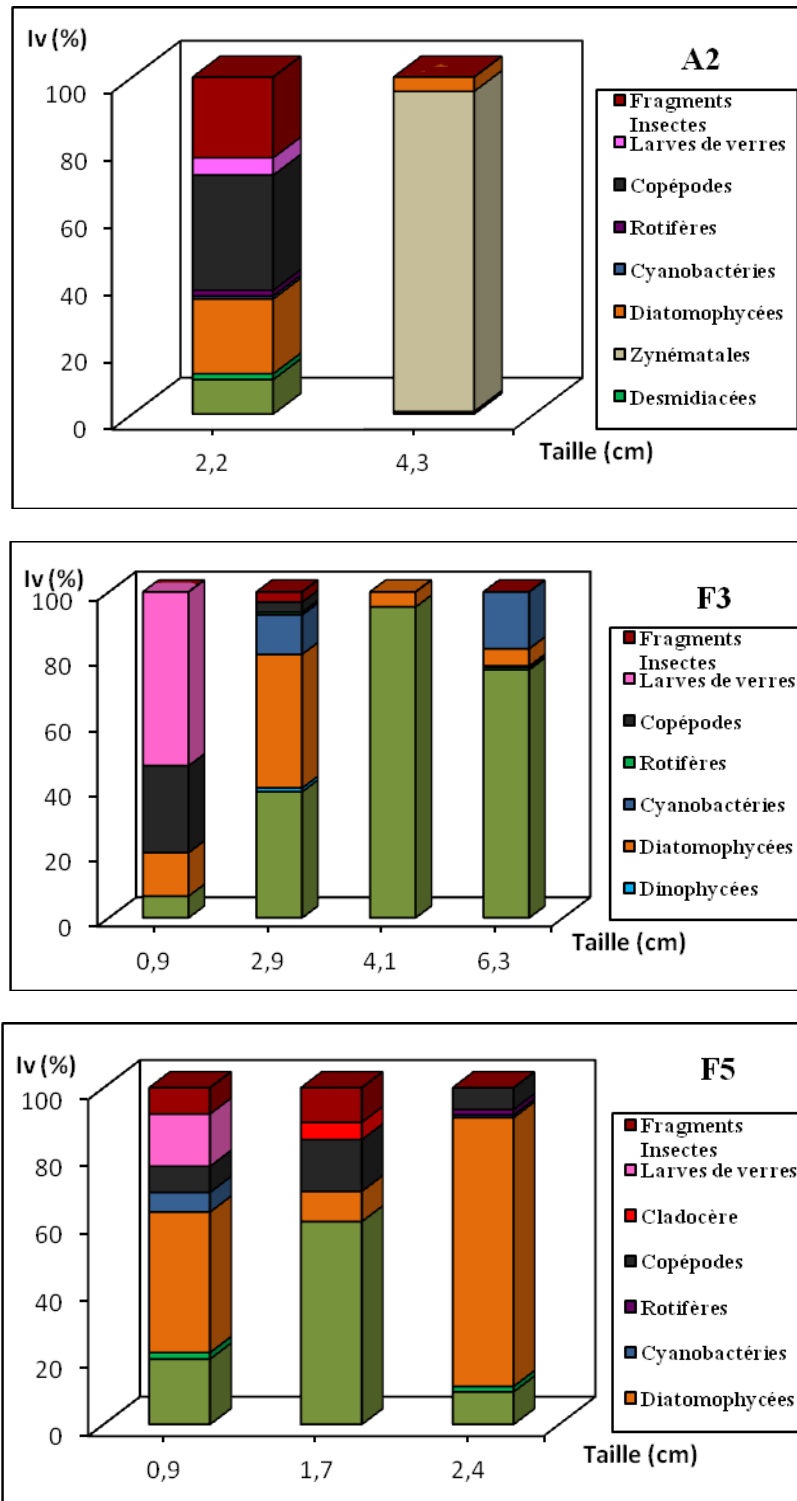


Figure 29 : Variations de l'importance relative (indices volumétriques Iv) des différentes proies consommées en fonction de la taille des alevins de la carpe herbivore capturées des étangs A2, F3 et F5.

Tableau 13: Composition générale et indices alimentaires relatifs aux différentes catégories de proies des alevins de la carpe commune à la station de pisciculture de la Deroua, Etang C2

(Np = nombre de points de la catégorie « p » d'aliment, \* signifie < 0,001).

C2				
Taxons	Io %	Np	Iv %	IA %
Chlorococcales	1,22	73	4,257	0,052
Desmidiacées	0,102	2	0,117	*
Zynématales	0	0	0	0
Dinophycées	0	0	0	0
Diatomophycées	0,097	159,5	9,3	0,009
Cyanobactéries	0,407	2,5	0,146	*
Rotifères	12,81	192	11,2	1,435
Copépodes	51,22	454	26,47	<u>13,56</u>
Cladocères	10,67	176	10,26	1,095
Larves d'insectes	10,67	144	8,397	0,896
Fragments d'insectes	12,81	512	29,85	3,824
Total	—	1203	70,15	—

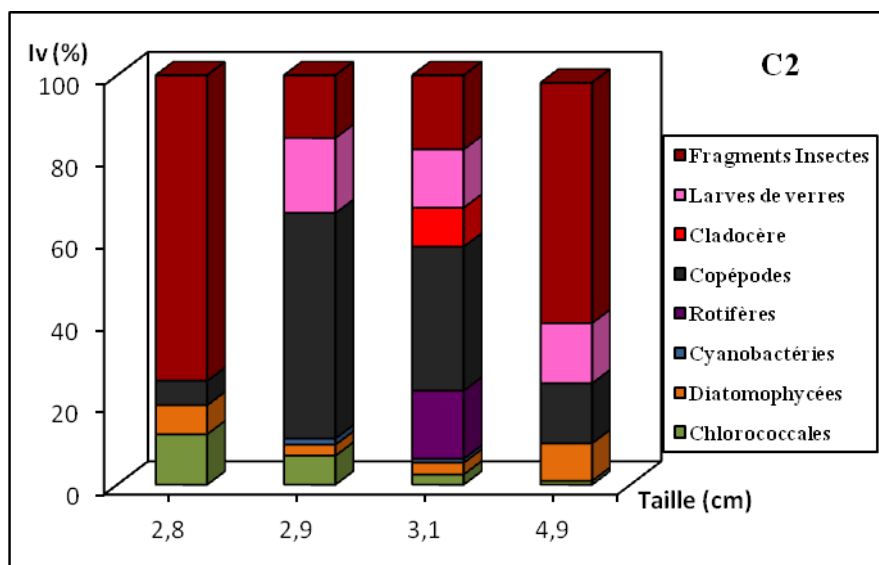


Figure 30: Variations de l'importance relative (indices volumétriques Iv) des différentes proies consommées en fonction de la taille des alevins de la carpe commune capturées de l'étang C2.

### 3. Conclusion

D'après les résultats obtenus, la carpe, peut modifier ses habitudes alimentaires et son comportement selon les ressources disponibles ;

On a observé que les régimes alimentaires d'une même espèce d'alevins de carpes pouvaient varier assez considérablement selon la taille et selon les milieux dans lesquels ils se trouvent. Il semblerait en effet que ces poissons soient capables d'élargir leurs préférences

alimentaires en fonction de la plus ou moins grande disponibilité des proies qu'ils consomment habituellement.

Il apparaît ainsi que pour mieux cerner l'alimentation naturelle des alevins de trois espèces de carpes des étangs d'alevinage de la Deroua, une étude complémentaire du régime et des rythmes alimentaires journaliers des alevins de carpes pourrait forcer et compléter cette étude.



**B -**

**Physicochimie de l'eau, dynamique des  
peuplements planctoniques et régime  
alimentaire des alevins de carpes**

**Période d'alevinage 2014**

- I. Variabilité des paramètres physicochimiques et  
planctoniques dans les étangs de d'alevinage des trois  
espèces de carpes.**
- II. Etude du régime alimentaire des alevins des carpes  
argentée, herbivore et commune.**

## B -Physicochimie de l'eau, dynamique des peuplements planctoniques et régime alimentaire des alevins de carpes-Période d'alevinage 2014

### I.Variabilité des paramètres physicochimiques et planctoniques dans les étangs de d'alevinage des trois espèces de carpes

#### 1. Eau de remplissage

Durant la période d'alevinage 2014, l'eau de la nappe a été également utilisée pour le remplissage des étangs A1, A2 et B2. Les caractéristiques physiques et chimiques de cette eau sont données dans le tableau 14 ci-après.

Tableau 14: Paramètres physico-chimiques de l'eau de la nappe - période 2014.

	pH	Cond. (µS/ cm)	O <sub>2</sub> .dis. (mg O <sub>2</sub> /l)	T (°C)	N-NO <sub>3</sub> (mg N/l)	N-NO <sub>2</sub> (mg N/l)	PO <sub>4</sub> (mg P/l)
Eau de la nappe	7,4±0,08	952±187	6,6±1,2	23±2,7	7,28±0,19	0,02±0,017	0,2±0,05

L'eau de la nappe est légèrement alcaline. Elle est plus minéralisée et riche en nitrates.

#### 2. Physico-chimie de l'eau des étangs

Les variations journalières des caractéristiques physiques de l'eau des étangs étudiés (A1, A2 et B2) sont données sur la Figure 31.

La température de l'eau est très dépendante de son contact avec l'air ambiant. Au cours de la période d'étude avril-juin 2014, la température de l'eau dans les étangs varie généralement entre 22,1 et 29 °C.

Le pH est la résultante de l'interaction de nombreuses substances en solution dans l'eau et aussi de nombreux phénomènes biologiques qui s'y déroulent. Le pH des eaux des étangs étudiés est toujours supérieur à 7, les valeurs varient entre 7,2 et 8,6.

Les valeurs de la conductivité varient de 553 à 990 µS/cm, de 534 à 1023 µS/cm et de 571 à 1028 µS/cm respectivement pour les étangs B2, A2 et A1. Au niveau des étangs A1 et A2, la conductivité électrique décroît avec le temps mais augmente lors de la dernière mesure pour l'étang A1. L'étang B2 a montré une nette augmentation de la conductivité lors de la quatrième mesure.

Au cours du temps, nous constatons clairement une grande variation de l'O<sub>2</sub> dissous au niveau des trois étangs. En effet, la teneur en oxygène dissous présente une augmentation remarquable juste après le remplissage des étangs en eau. Les concentrations les plus élevées enregistrées le 01 mai au niveau des étangs A1 et A2 (respectivement 15,35 mg/l et 11,33 mg/l et le 21 mai au niveau de l'étang B2 avec 10,92 mg/l sont liées à l'activité

photosynthétique du phytoplancton provoquée par les conditions optimales qui régissent au sein des étangs (lumière, nitrates d'origine eau de nappe et orthophosphates).

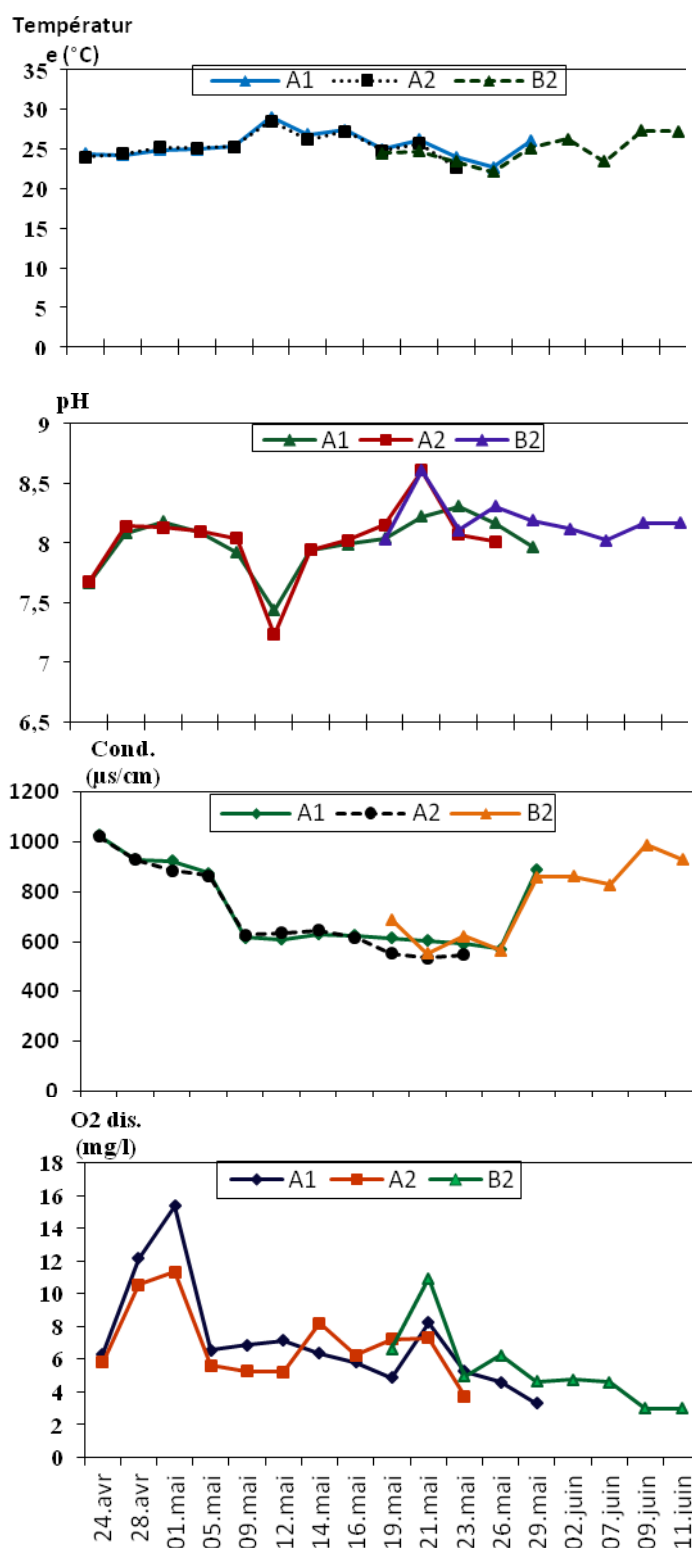


Figure 31: Variation des paramètres physiques pris en compte dans les étangs A1, A2 et B2.

Les paramètres chimiques présentent des fluctuations notables au niveau des trois étangs le long de toute la période d'étude (Figure 32). En effet, sept jours après le remplissage des

étangs A1 et A2 (jour du déversement des alevins), Il a été enregistré des teneurs élevées en nitrites respectivement de 3,3 et de 2,08 mg N/l. Ces teneurs sont dues probablement à la mise en solution des substances azotées présentes dans le sédiment. Les teneurs en nitrites diminuent suivant le processus de nitrification et se transforment en nitrates.

Au niveau des trois étangs A1, A2 et B2, les concentrations de nitrates varient respectivement de 0,34 à 5,44 mg/l, de 2,4 à 6,75 mg/l et de 0,22 à 6,05 mg/l. Le maxima est dû à la richesse en nitrates de l'eau de remplissage des étangs (eau de la nappe) ( $7,28 \pm 0,19$  mg  $\text{NO}_3/\text{l}$ ). Ce qui favorise le développement de différentes espèces de phytoplancton notamment les Chlorophycées.

Le phosphore soluble réactif (orthophosphates) biodisponible pour les algues varie de 0,11 à 0,389 mg  $\text{PO}_4/\text{l}$ , de 0,015 à 0,497 mg  $\text{PO}_4/\text{l}$  et de 0,13 à 0,42 mg  $\text{PO}_4/\text{l}$ , respectivement en A1, A2 et B2. Ces valeurs peuvent être considérées favorables pour un développement phytoplanctonique puisque le phosphore est naturellement fort peu abondant en milieu aquatique (Arrignon, 1976 ; Barroin, 1999).

### 3. Paramètres biologiques

#### 3.1 Plancton au niveau des étangs d'alevinage de carpes

Le plancton se renouvelle rapidement en fonction des facteurs physiques, chimiques et biologiques.

L'étude qualitative des peuplements planctoniques dans les étangs d'alevinage de carpes (A1, A2 et B2) a montré la présence d'une communauté phytoplanctonique abondante et diversifiée et d'une communauté zooplanctonique moins diversifiée. En effet, 68 espèces phytoplanctoniques ont été inventoriées au niveau des étangs A1 et A2 et 32 seulement au niveau de l'étang B2, appartenant à 7 groupes taxonomiques différents (Chlorophycées, Desmidiacées, Zygnématales, Euglenophycées, Dinophycées, Diatomophycées et Cyanobactéries), les espèces zooplanctoniques appartiennent à deux groupes (Rotifères et Copépodes) (tableau 15).

L'abondance phytoplanctonique est largement dominée au cours de cette étude, par des Chlorococcales représentées par *Scenedesmus protuberans*, *Scenedesmus serratus*, *Coelastrum reticulatum* var. *reticulatum* et *Coelastrum microporum* var. *microporum* dans les étangs A1 et A2. Alors qu'en B2, l'essentiel du peuplement phytoplanctonique est formé de ces chlorococcales et des Dinophycées dominées par *Peridiniopsis elpatiewskyi* et *Peridinium aciculiferum*.

En ce qui concerne le zooplancton, une faible abondance a été enregistrée aussi bien pour les Rotifères que pour les Copépodes dans les trois étangs le long de la période d'étude, ceci est fort probable liée à leur consommation par les alevins de carpes.

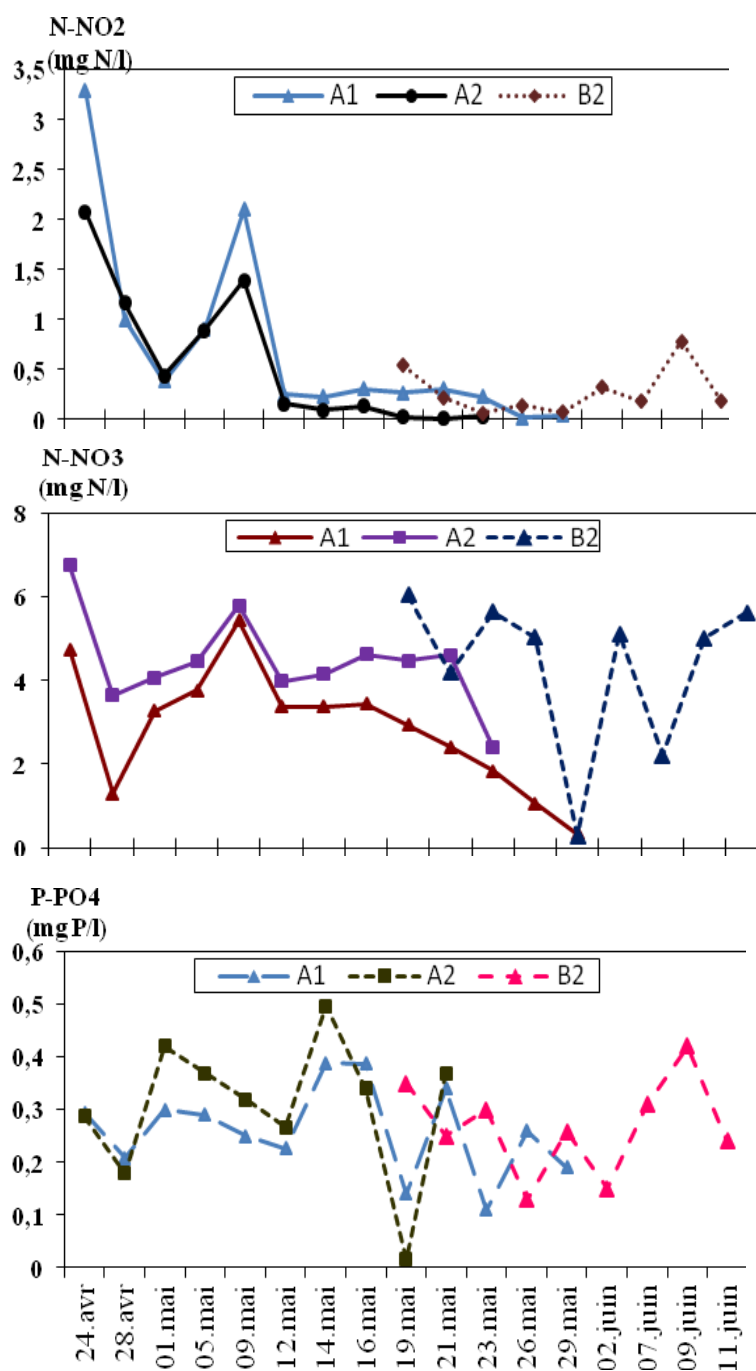


Figure 32: Variation des nitrites, nitrates et orthophosphates dans les étangs A1, A2 et B2.

Résultats et discussions: Physicochimie de l'eau, dynamique des peuplements planctoniques et régime alimentaire des alevins de carpes-période d'alevinage 2014

Tableau 15: Taxons planctoniques recensés au niveau des étangs d'alevinage de la carpe argentée (A1), de la carpe commune (A2) et de la carpe herbivore (B2).

	A1	A2	B2
<b>Chlorophycées</b>			
<b>Chlorococcales</b>			
<i>Pediastrum simplex</i> var. <i>sturmii</i>	XXX	XXX	XX
<i>Pediastrum boryanum</i> var. <i>typicum</i>	XX	XX	O
<i>Pediastrum tetras</i>	X	X	O
<i>Pediastrum angulosum</i>	X	X	X
<i>Pediastrum duplex</i> var. <i>typicum</i>	X	O	O
<i>Scenedesmus serratus</i>	XXXX	XXX	XXX
<i>Scenedesmus protuberans</i>	XXXX	XXXX	XXX
<i>Scenedesmus verrucosus</i>	X	X	X
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	X	XX	O
<i>Scenedesmus acutus</i>	XX	XX	O
<i>Scenedesmus falcatus</i>	X	O	O
<i>Scenedesmus flexuosus</i>	XX	XX	XX
<i>Scenedesmus smithii</i>	X	O	O
<i>Scenedesmus javanensis</i>	X	XX	O
<i>Scenedesmus crassus</i>	XXX	XXX	O
<i>Scenedesmus armatus</i>	O	O	X
<i>Tetraedron caudatum</i>	X	X	O
<i>Tetraedron minimum</i>	XX	XX	X
<i>Monographidium griffithii</i>	XX	XX	X
<i>Monographidium contortum</i>	X	X	O
<i>Coelastrum microporum</i> var. <i>microporum</i>	XXXX	XXXX	XXX
<i>Coelastrum reticulatum</i> var. <i>reticulatum</i>	XXX	XXX	XXX
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	XX	O	O
<i>Crucigenia tetrapedia</i>	X	O	X
<i>Kirchneriella elongata</i>	XX	O	O
<i>Kirchneriella obesa</i>	X	O	O
<b>Volvocales</b>			
<i>Platymonas cordiformis</i>	X	X	O
<i>Chlamydomonas gloeophila</i>	O	O	XX
<b>Desmidiacées</b>			
<i>Closterium ralfsii</i>	X	X	O
<i>Closterium costatum</i>	O	X	O
<i>Closterium intermedium</i>	X	XX	X
<i>Closterium aciculare</i>	XX	XX	X
<i>Cosmarium binum</i>	X	O	X
<i>Cosmarium portianum</i>	X	O	O
<i>Cosmarium formosulum</i>	XX	XXX	X
<i>Cosmarium botrystis</i>	X	O	X
<i>Staurastrum bibraianum</i>	X	X	O
<i>Staurastrum leptocladum</i>	X	X	O
<i>Staurastrum orbiculare</i>	XXX	XXX	XX
<b>zygnématales</b>			
<i>Spirogyra majuscula</i>	X	O	O
<i>Spirogyra varians</i>	X	O	O
<b>Euglenophycées</b>			
<i>Euglena pisciformis</i>	XX	X	X
<i>Euglena texta</i>	X	X	O
<i>Euglena deses</i> var. <i>tenuis</i>	X	X	X
<i>Phacus horidus</i>	O	X	O
<b>Dinophycées</b>			
<i>Peridiniopsis elpatiewskyi</i>	XX	XX	XXXX
<i>Peridinium aciculiferum</i>	XX	XX	XXXX

Résultats et discussions: Physicochimie de l'eau, dynamique des peuplements planctoniques et régime alimentaire des alevins de carpes-période d'alevinage 2014

<b>Diatomophycées</b>			
<i>Amphora ovalis</i>	XX	XX	X
<i>Navicula cuspidata</i>	X	X	O
<i>Navicula veneta</i>	XX	XXX	XXX
<i>Cymbella turgidulla</i>	X	X	X
<i>Cyclotella bodanica</i>	O	X	O
<i>Fragilaria crotonensis</i>	X	X	O
<i>Nitzschia dissipata</i>	O	X	X
<i>Nitzschia sinuata</i>	O	O	O
<i>Nitzschia linearis</i>	O	O	X
<i>Nitzschia amphibia</i>	XX	X	XX
<b>Cyanobactéries</b>			
<i>Merismopedia punctata</i>	XX	X	X
<i>Merismopedia convoluta</i>	X	X	X
<i>Merismopedia geminata</i>	X	X	O
<i>Merismopedia elegans</i>	O	X	O
<i>Chroococcus turgidis</i>	X	O	O
<i>Microcystis viridis</i>	X	X	O
<i>Microcystis biformis</i>	X	O	O
<i>Microcystis elachista</i>	X	X	O
<i>Phormidium tenue</i>	XX	XX	XXX
<i>Oscillatoria tenuis</i>	X	X	O
<i>Oscillatoria sebaldi</i>	X	X	O
<i>Oscillatoria subsalsa</i>	O	X	O
<b>Rotifères</b>			
<i>Keratella paludosa</i>	O	XX	O
<i>Keratella tropica</i>	X	O	O
<i>Keratella tecta</i>	X	O	O
<i>Lecane lecan</i>	X	X	O
<i>Lecane monostyla</i>	XX	XX	X
<i>Notholca caudata</i>	X	O	O
<i>Notholca squamula</i>	X	O	O
<i>Epiphanes senta</i>	X	O	X
<i>Finilia hofmanni</i>	X	O	O
<i>Pompholyx complanata</i>	X	X	O
<i>Euchlanis sp.</i>	X	X	O
<i>Trichocera pusilla</i>	X	O	X
<i>Trichocera rousseliti</i>	O	X	O
<i>Ascomorpha ovalis</i>	O	X	O
<b>Copépodes</b>			
<i>Nauplius</i>	X	XX	X
<i>Cyclops sp.</i>	XX	XX	XX

xxxx : dominant, xxx : abondance moyenne, xx : faible abondance, x : très faible abondance, o : absent.

### 3.2 Densité planctonique

#### 3.2.1 Etang d'alevinage des alevins de Carpe argentée

La densité planctonique totale au niveau de l'étang A1 présente des valeurs maximales le 29 avril et le 29 mai ( $4,03 \cdot 10^5$  et  $4,3 \cdot 10^5$  cellules, filaments et colonies/l respectivement) (Figure 33) avec dominance des Chlorophycées (respectivement  $2,6 \cdot 10^5$  et  $3,7 \cdot 10^5$  cellules, filaments et colonies/l). Les espèces dominantes sont principalement *Pediastrum simplex* var. *sturmii* ( $2,5 \cdot 10^5$  ind./l) le 29 avril 2014 et *Monographidium griffithii* ( $1,03 \cdot 10^5$  cell. et col./l) inventoriée le 29 mai 2014.

Les Chlorophycées dominent durant toute la période de l'étude à l'exception du 25 avril où la densité des Diatomophycées a été la plus élevée avec  $1,3 \cdot 10^5$  cell. et col./l.

Les autres groupes planctoniques présentent des densités faibles (Desmidiacées avec  $5 \cdot 10^4$  cell. et col./l le 26 avril ; Cyanobactéries avec  $4,4 \cdot 10^4$  cell., fil. et col./l le 29 avril et Rotifères avec  $1,53 \cdot 10^4$  ind./l le 26 avril), les Volvocales et les Copépodes étant moins abondants.

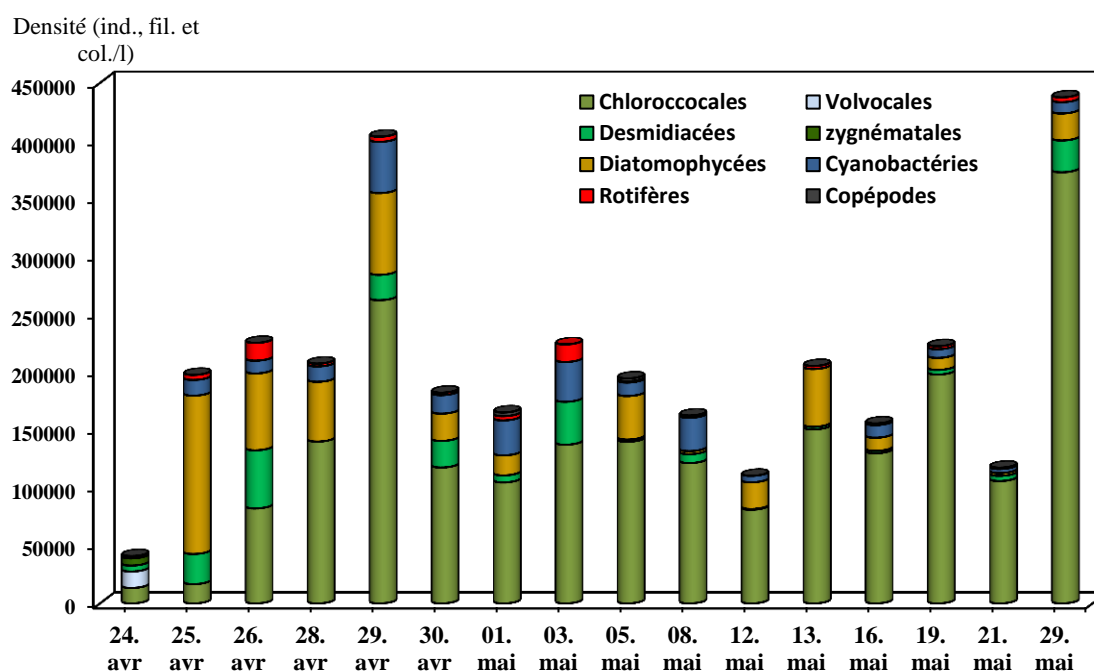


Figure 33: Variation temporelle de la densité planctonique au niveau de l'étang A1 d'alevinage de la carpe argentée.

### 3.2.2 Etang d'alevinage des alevins de Carpe herbivore

Au niveau de l'étang d'alevinage de la carpe herbivore (B2), la densité planctonique totale présente des valeurs maximales le 11 juin ( $12 \cdot 10^5$  cell., fil. et col./l). Le phytoplancon est dominé par deux espèces de Dinophycées ( $11,8 \cdot 10^5$  ind./l) avec *Peridinium aciculiferum* (photo 18) ( $8,97 \cdot 10^5$  ind./l) et de *Peridiniopsis elpatiewskyi* ( $2,88 \cdot 10^5$  ind./l) (Figure 34).

Le 19 mai, seule la Volvocale (*Chlamydomonas gloeophila*) a été repertoriée avec  $2,7 \cdot 10^5$  ind. /l. Hasnaoui (2001) a montré que cette espèce atteint son maximum de développement en mi-juin au niveau des mêmes étangs d'alevinage de la Deroua.

Les Chlorococcales atteignent leur maximum le 23 mai avec une densité de  $1,8 \cdot 10^5$  cell., fil. et col./l ; l'espèce qui domine est *Monographidium griffithii* ( $1,56 \cdot 10^5$  ind. et col./l).

Les Diatomophycées et les Cyanophycées sont également présentes mais avec des densités faibles par rapport aux groupes dominants. Les Rotifères et les Copépodes ont été



inventoriés seulement en juin respectivement avec  $1,01.10^4$  et  $1,76.10^3$  ind./l le 02 juin et  $9,6.10^2$  et  $1,6.10^3$  ind. /l le 09 juin.

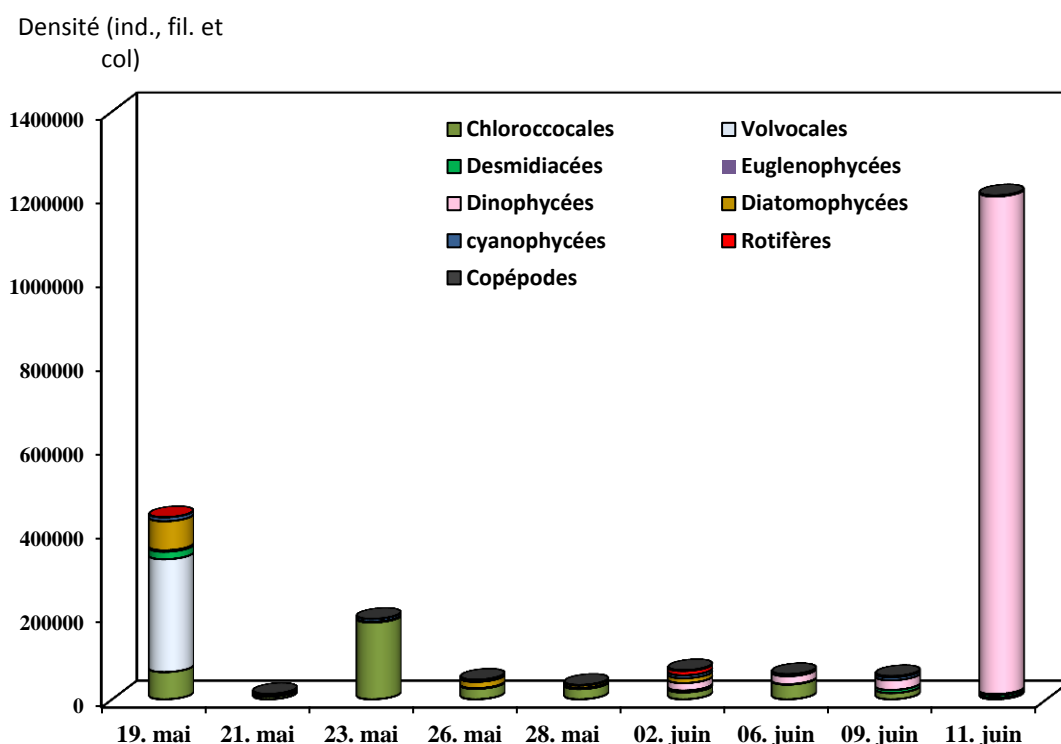


Figure 34: Variation temporelle de la densité planctonique au niveau de l'étang B2 d'alevinage de la carpe herbivore.

### 3.2.3 Etang d'alevinage des alevins de Carpe commune

Les Diatomophycées, les Chlorococcales et les Desmidiacées sont présentes d'une manière permanente au niveau de l'étang d'alevinage de la carpe commune (A2). Les Diatomophycées qui ont une densité maximale de  $5,36.10^5$  ind./l le 26 avril sont représentées essentiellement par *Navicula veneta* ( $5,3.10^5$  ind./l). La densité des Chlorococcales est de  $4,16.10^5$  cell. et col./l dont  $1,35.10^5$  cell. et col./l de *Scenedesmus serratus*). Les Desmidiacées ne sont représentées que par  $1,16.10^5$  cell., fil. et col./l avec  $1.10^5$  ind./l de *Cosmarium formosulum* (Figure 35).

Les autres groupes d'algues présentent des densités faibles ; les Cyanobactéries atteignent leur maximum le 29 avril avec une densité de  $2,5.10^4$  cell., fil. et col./l avec une dominance quasi-totale de *Phormidium tenue* ( $2,4.10^4$  filaments/l), les Rotifères sont dominés par *Keratella cochlearis*, *Keratella tropica* (photo 17), *Lecane monostyla* (photo 16) et *Trichocera rousseliti* et les Copépodes par *Nauplius* et *Cyclops sp* (photo 15).

Résultats et discussions: Physicochimie de l'eau, dynamique des peuplements planctoniques et régime alimentaire des alevins de carpes-période d'alevinage 2014

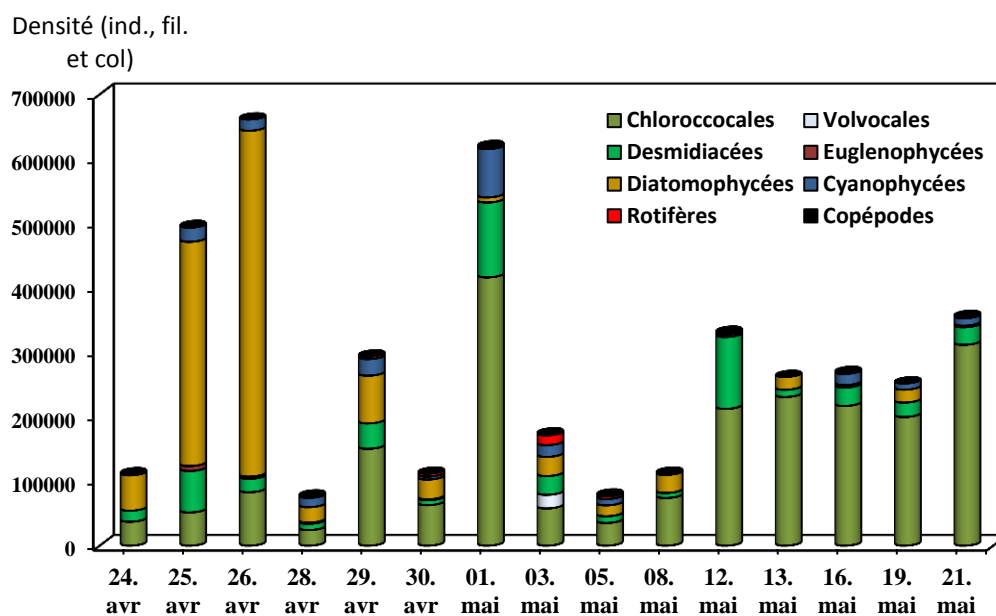


Figure 35: Variation temporelle de la densité planctonique au niveau de l'étang A2 d'alevinage de la carpe commune.

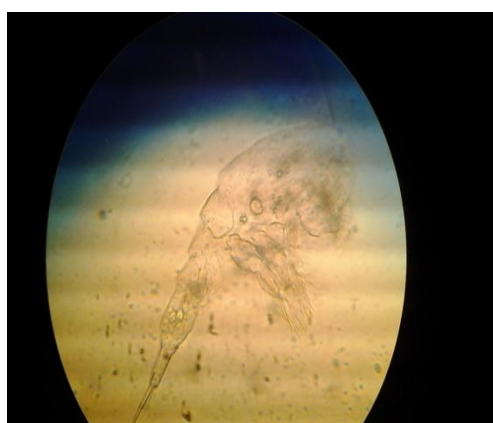


Photo 15: *Cyclops* sp.

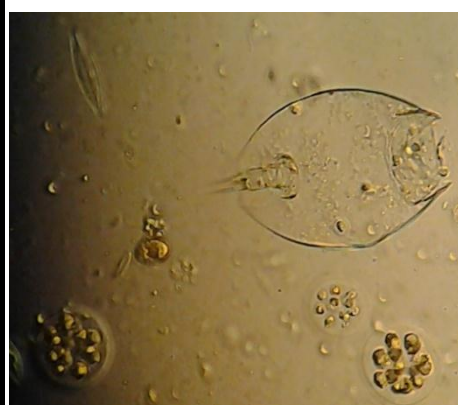


Photo 16: *Lecane monostyla*

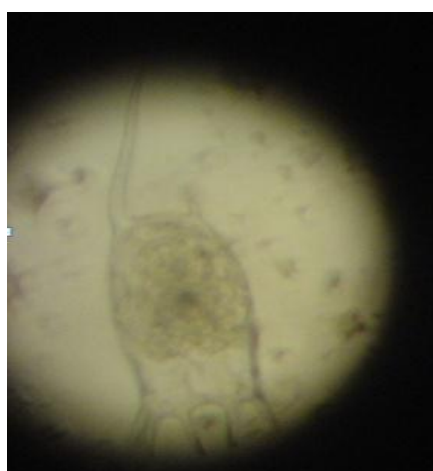


Photo 17: *Keratella tropica*

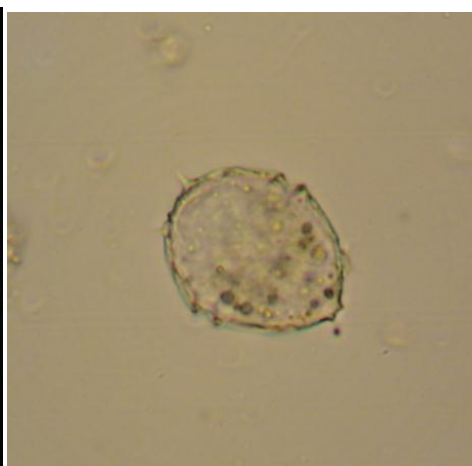


Photo 18: *Peridinium aciculiferum*

(Source des photos: Contenu du tube digestif des individus des étangs A1, A2 et B2, 2014. Grossissement  $\times 400$ )

#### 4. Discussion

La variation de la température enregistrée au niveau des étangs A1, A2 et B2 est due principalement à l'augmentation de la température de l'air. Les eaux se réchauffent pour atteindre des valeurs maximales de l'ordre de 28,5 et 29 °C respectivement pour l'étang A1 et A2. Tandis que les faibles températures sont dues à l'ajout de l'eau fraîche du puits dans les étangs pour compenser les pertes d'infiltration et de l'évaporation.

Le pH atteint des valeurs élevées surtout dans l'étang A2 et B2, ceci peut être dû à l'accroissement de l'activité photosynthétique du phytoplancton. La diminution du pH des eaux peut être due à l'ajout de l'eau de puits (pH=7) et elle est peut être favorisée par la libération d'ions H<sup>+</sup> suite à la libération de CO<sub>2</sub> par la respiration des poissons.

La température et le pH des étangs d'alevinage de carpes sont favorables à la bonne production de ces poissons considérés comme des espèces d'eau chaude. Les valeurs enregistrées sont comparables à celles données par Billard et Marie (1980) ; Wurtz-Arlet (1980) ; Boyd (1982) ; Hasnaoui et al. (2007).

Les valeurs mesurées de la conductivité témoignent de la haute minéralisation des eaux des étangs dont l'origine peut être liée à l'eau de remplissage (nappe phréatique).

Les teneurs élevées en oxygène dissous au niveau des étangs étudiés, ne peuvent être liée qu'au développement des Chlorophycées *Scenedesmus crassus*, *Scenedesmus serratus*, *Scenedesmus protuberans* et *Scenedesmus acuminatus var. minor* (1,34.10<sup>5</sup> et 1,04.10<sup>5</sup> cell., fil. et col./l enregistré respectivement le 28 avril et le 01 mai au niveau de l'étang A1) et (4,16.10<sup>5</sup> ind., fil. et col./l enregistré le 01 mai au niveau de l'étang A2). Les mêmes espèces du genre *Scenedesmus* sont inventoriés au niveau des étangs A1 et B1 par Hasnaoui et al. (2007) en 1997 avec une densité de 2.10<sup>5</sup> cell., fil. et col./l.

Les concentrations en orthophosphates sont généralement inférieures à l'optimum théorique (0,2 à 0,5 mg PO<sub>4</sub>/l). Ces mêmes valeurs d'orthophosphates ont été notées au niveau des étangs A1, A2, A4, F3, F5 et B2 C2 pendant la période d'alevinage 2013. Ce résultat est en accord avec ceux rapportés par Billard et Marie (1980), Wurtz-Arlet (1980), Boyd (1982), Barbe et al. (1999) et Hasnaoui et al. (2002a).

La succession des populations phytoplanctoniques est donc largement conditionnée par les paramètres physico-chimiques.

Le peuplement planctonique des étangs d'alevinage de la Deroua au cours de la période avril – juin 2014 est constitué de 85 espèces regroupées en 10 groupes :

- 8 groupes de phytoplancton : les Chlorococcales sont représentées par 26 espèces, les Volvocales par 2 espèces, les Desmidiacées par 11 espèces, les Zygnématales par 2 espèces, les Euglénophycées par 4 espèces, les Dinophycées par 2 espèces, les Diatomophycées par 10 espèces et les Cyanobactéries par 12 espèces.
- 2 groupes de zooplancton : les Rotifères représentées par 14 espèces et les Copépodes par 2 espèces.

A signaler que d'autres espèces phytoplanctoniques et zooplanctoniques sont inventoriées au niveau des contenus des tubes digestifs de carpes et n'ont pas été identifiés au niveau des

étangs, ceci est probablement dû à une consommation quasi-totale par les alevins de carpes étant donné que ces poissons sont filtreurs.

L'étang A1 présente un minimum d'oxygène dissous le 24 avril qui précède un pic très marqué le 29 avril lié à un développement algal dominé par *Monographidium griffithii*. Ce taxon ne figure pas parmi les taxons majeurs dans A2.

Le phytoplancton dans les étangs A1 et A2 est représenté par des peuplements qui se succèdent les uns aux autres parallèlement à l'enrichissement du milieu en éléments dissous. Ceci est également montré par Wurtz (1958), Barbe et al. (1991) et Hasnaoui et al. (2002 b). En effet, les espèces présentes le long de la période d'étude au niveau de ces deux étangs sont *Coelastrum reticulatum* var. *reticulatum*, *Coelastrum microporum* var. *microporum*, *Scenedesmus protuberans*, *Scenedesmus crassus*, *Scenedesmus serratus* et *Navicula veneta*.

Au niveau de l'étang d'alevinage de la carpe herbivore (B2), les Dinophycées prolifèrent avec une densité assez élevée de l'ordre de  $11,8 \cdot 10^5$  ind./l le 11 juin. Cette forte concentration a coïncidé avec une conductivité élevée (930  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Ce qui est en parfaite harmonie avec les travaux de Benabdellouahad (2006) et Atanle et al. (2013). En effet, selon ces auteurs, les plus fortes densités cellulaires de ce groupe d'algues concordent très bien avec les salinités les plus élevées. C'est d'ailleurs ce qui explique la présence de Dinophycées le 11 juin au niveau de l'étang B2, le plus minéralisé au cours de cette période.

## **II. Etude du régime alimentaire des alevins des carpes argentée, herbivore et commune**

La caractérisation du régime alimentaire d'un poisson suppose une description qualitative et quantitative des proies contenues dans les estomacs (tubes digestifs).

### **1. Croissance en longueur et en poids**

#### **1.1 Alevins de la carpe argentée**

Les Figures 36 et 37 montrent l'évolution temporelle de la longueur moyenne et du poids moyen des alevins de la carpe argentée durant la période d'alevinage 2014.

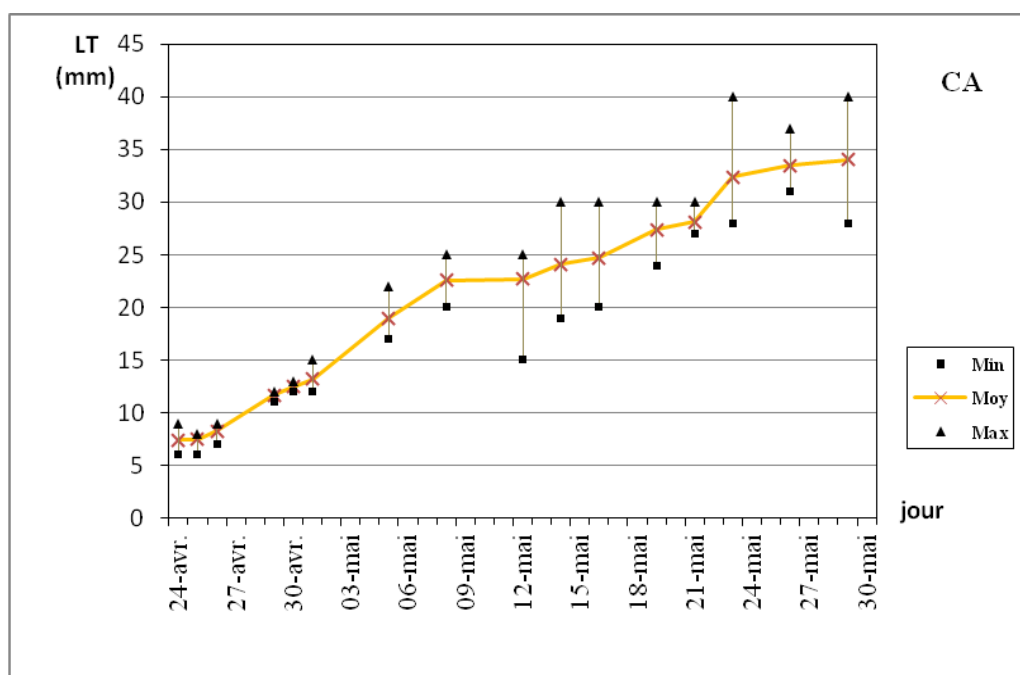


Figure 36: Evolution de la taille moyenne, minimale et maximale des alevins de la carpe argentée (CA).

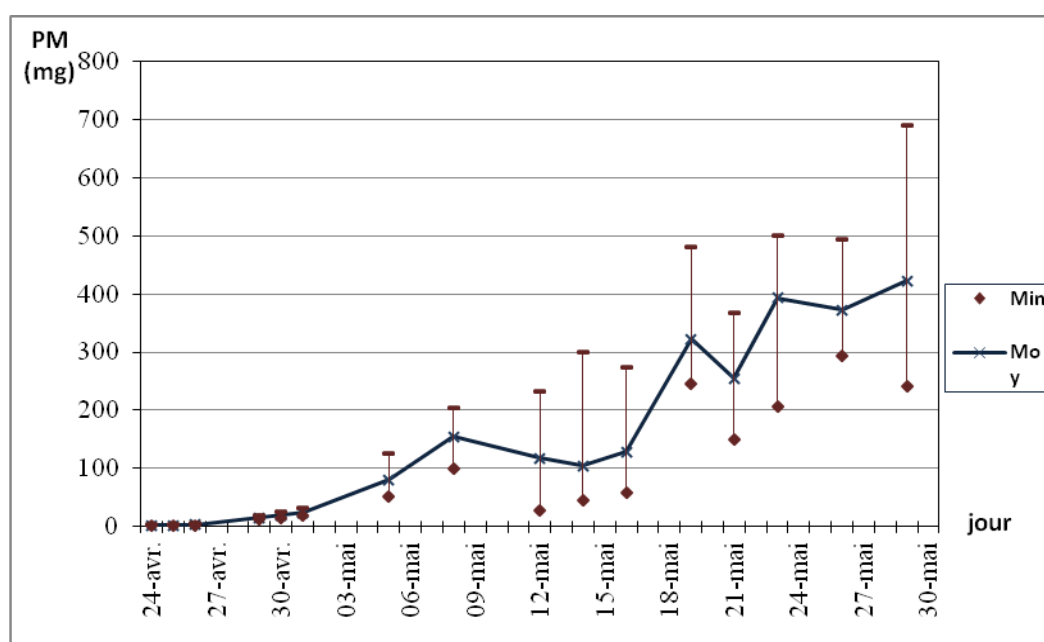


Figure 37: Evolution du poids moyen, minimal et maximal des alevins de la carpe argentée (CA).

Durant la période s'étalant du 24 avril au 29 mai 2014, la croissance en longueur des alevins évolue de 7,4 à 34 mm. Le gain de taille a été particulièrement plus important au début de la période d'étude ; après seulement 14 jours d'alevinage (du 24 avril au 08 mai) le gain de taille a été de l'ordre de 15,2 mm contre 12,6 mm en 21 jours au cours de la période d'alevinage 2013. Le gain de la taille moyenne journalière durant toute la période d'alevinage 2014 (35 jours) a été de l'ordre de 0,76 mm/j.

La croissance pondérale augmente légèrement du 24 au 30 avril puis atteint 155,05 mg le 08 mai, soit un gain de poids journalier de 10,925 mg/j. Entre le 08 et le 16 mai, nous avons noté une baisse remarquable du poids liée probablement à la compétition vis-à-vis de la nourriture. Du 16 au 23 mai, le poids des alevins augmente avec 422,7 mg le dernier jour d'alevinage.

L'écart de poids maximal entre les alevins le 29 mai est important (267,1 mg), ceci est lié surtout à la disponibilité de la nourriture où la densité en plancton a atteint un maximum de  $4,37 \cdot 10^5$  cell., fil. et col./l dominée par les Chlorococcales ( $3,7 \cdot 10^5$  cell., fil. et col./l).

## 1.2 Alevins de la carpe herbivore

La variation temporelle de la croissance en longueur et en poids des alevins de la carpe herbivore est illustrée sur les Figures suivantes.

L'évolution de la longueur moyenne des alevins a montré une augmentation progressive du 16 mai (date du début d'alevinage) au 13 juin de 7,5 à 39 mm, soit un gain de taille journalier de 1,16 mm/j. Les écarts de tailles minimales et maximales augmentent entre les alevins capturés durant les trois derniers échantillonnages de la période.

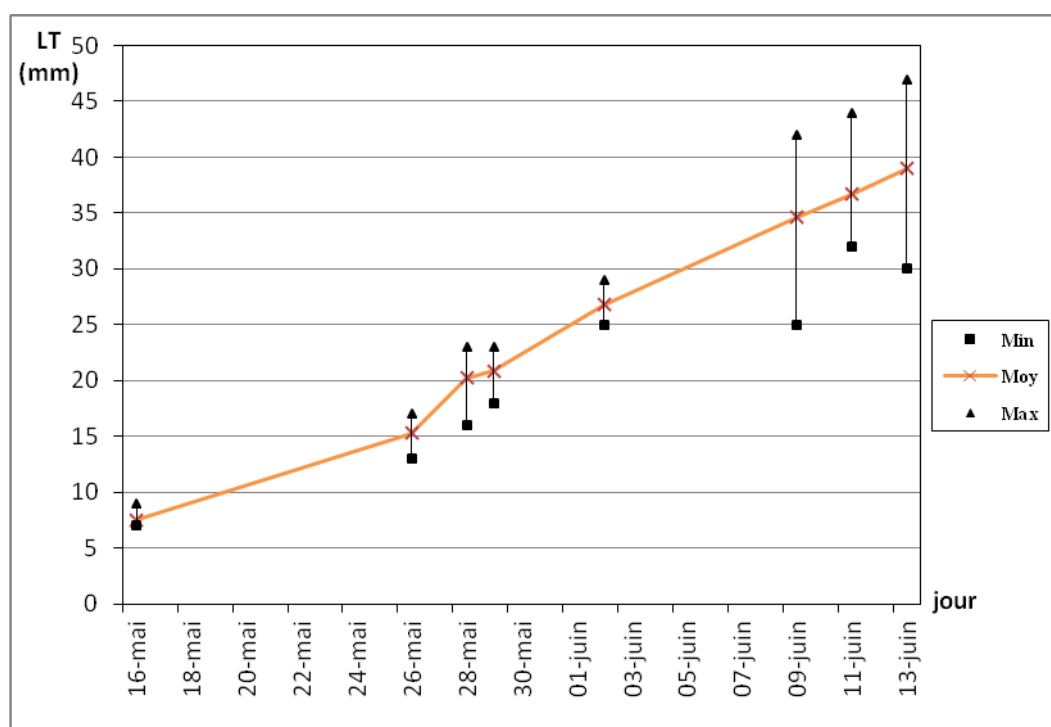


Figure 38: Evolution de la taille moyenne, minimale et maximale des alevins de la carpe herbivore (CH).

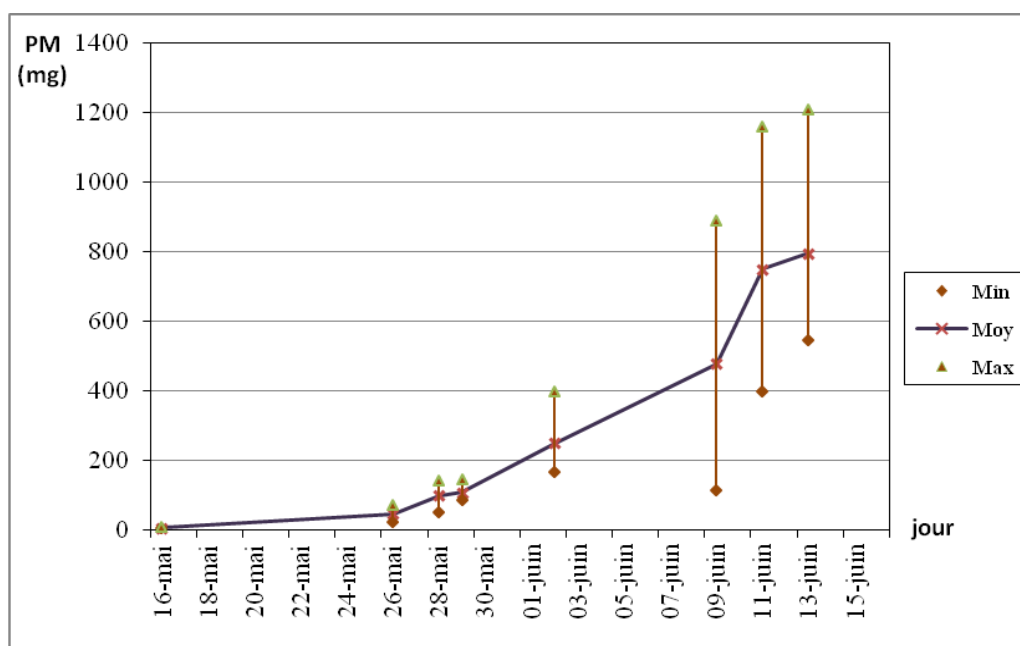


Figure 39: Evolution du poids moyen, minimal et maximal des alevins de la carpe herbivore (CH).

La croissance pondérale des alevins de la carpe herbivore subit des variations journalières. Du 16 au 29 mai, le gain du poids journalier enregistré est de 7,88 mg/j. Il atteint 37,03 mg/l en 10 jours (du 29 mai à 09 juin) et il est plus important du 09 au 13 juin où il a atteint 79,51 mg/j en 4 jours d'alevinage.

### 1.3 Alevins de la carpe commune

L'évolution de la taille et du poids moyens ainsi que les écarts minimaux et maximaux des différents alevins de la carpe commune élevés en étang A2 durant la période allant du 24 avril au 21 mai est présentée au niveau des Figures 40 et 41.

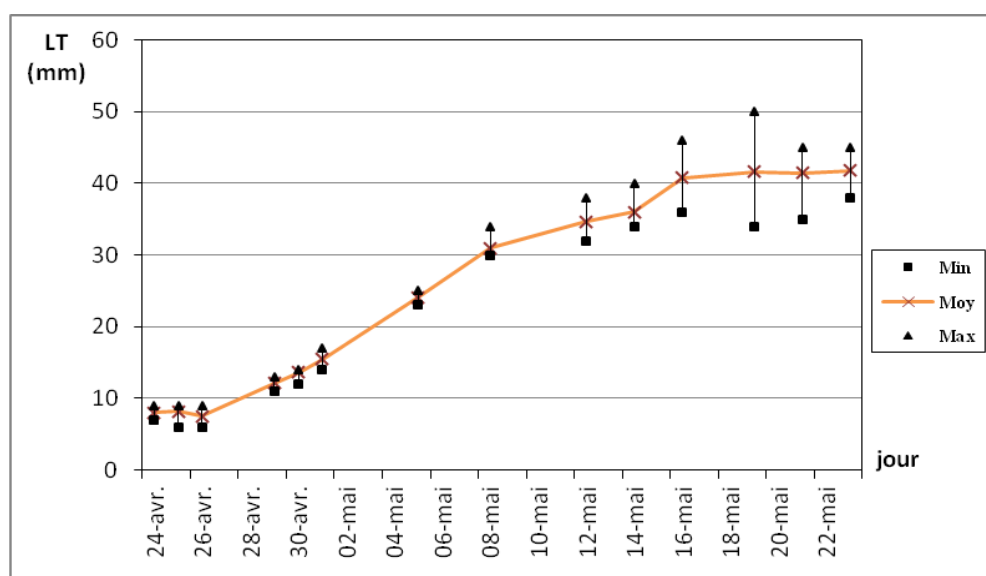


Figure 40: Evolution de la taille moyenne, minimale et maximale des alevins de la carpe commune (CC).

Le premier jour du déversement, les alevins avaient une taille moyenne de 8 mm. Après 29 jours, la longueur moyenne des individus passe à 41,77 mm (soit un gain de taille individuelle journalière de 1,16 mm/j).

L'augmentation du gain de poids moyen des alevins de la carpe commune est hautement significative variant de 2,63 à 1227,23 mg soit une croissance individuelle journalière de 42,23 mg/j en 29 jours.

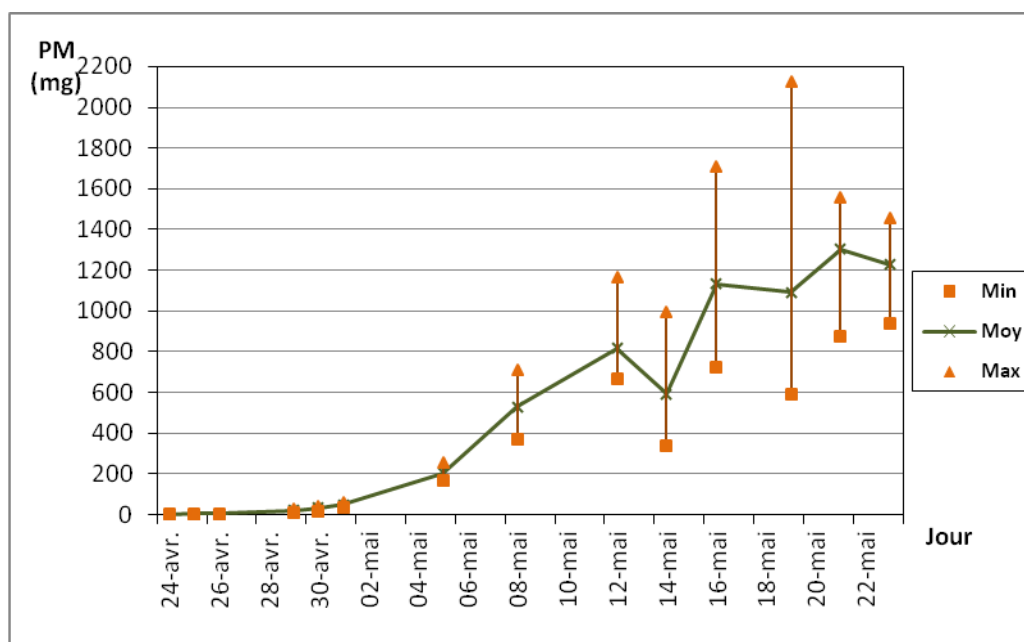


Figure 41: Evolution du poids moyen, minimal et maximal des alevins de la carpe commune (CC).

## 2. Relation taille-poids

Les courbes de régression pour chacune des espèces examinées sont indiquées sur la Figure 42. L'étude de la relation longueur-poids des trois espèces de carpes a permis de déterminer les paramètres «a et b» de la relation.

L'examen de cette valeur de b fait distinguer chez les alevins étudiés, deux types de croissance. En effet, chez un poisson idéal qui maintient en parfaite égalité les dimensions du corps et de la longueur, la valeur isométrique (symétrique) de b est de 3 (Le Cren, 1951). Cela est observé dans notre étude chez la carpe herbivore où l'exposant de la longueur dans l'équation du poids en fonction de la longueur est très proche de 3 ( $b = 3,106$ ). Chez cette espèce, la forme du corps ne change pas avec la croissance. En revanche, la croissance des alevins de la carpe argentée et de la carpe commune dans les étangs d'alevinage de la Deroua est allométrique où b est respectivement de 3,39 et 3,43 ( $> à 3$ ).



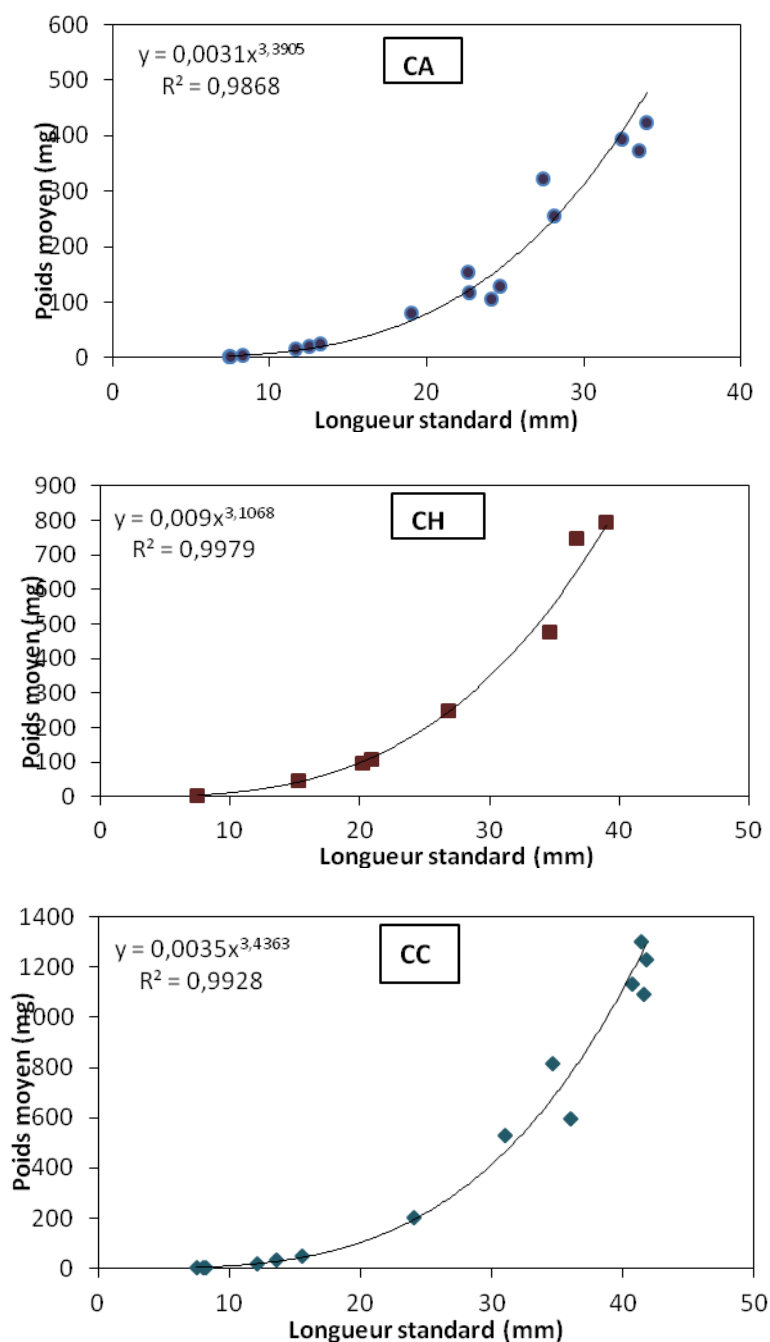


Figure 42: Relation du poids moyen – Longueur standard des alevins de la carpe argentée (CA), de la carpe herbivore (CH) et de la carpe commune (CC).

### 3. Etude du régime alimentaire

#### 3.1 Analyse qualitative et quantitative du régime alimentaire en fonction de la taille

##### 3.1.1 Alevins de la Carpe argentée

Chez la carpe argentée, les variations des indices d'occurrence, d'abondance, volumétrique et alimentaire de chaque type de proie est illustré dans la Figure 43. D'après les résultats qualitatifs et quantitatifs du régime alimentaire en fonction de la taille de cette espèce, trois classes de taille ont été identifiées; Classe 1 de taille 0,6-0,83 cm, classe 2 de taille 0,84-2,30 cm et la classe 3 de taille de 2,40 à 3,40 cm (*nous n'avons pas noté de taille*

comprise entre 2,30 et 2,40 cm). Ces trois classes ont été séparées en fonction du régime alimentaire.

Les petites carpes argentées dont la taille est de 0,6 à 0,83 cm (**classe 1**) présentent un régime complètement phytophage. Elles se nourrissent préférentiellement des Chlorophycées notamment les Chlorococcales (Io=48,4%) et des Diatomophycées (Io=32,7%) avec faible représentativité spécifique des Desmidiacées (9,57%), des Euglénophycées (Io=4,9%), des Volvocales (Io=2,22%) et des Cyanobactéries (Io=2,1%). D'après ces résultats, les Chlorococcales et les Diatomophycées sont considérées accessoires dans l'alimentation des alevins de la classe 1 puisque Io est compris entre 20% et 50%, les autres items étant accidentels (Io < 20%).

Les espèces de Chlorococcales les plus dégradées au niveau du contenu stomacal sont *Scenedesmus crassus* (Io = 8,56), *Scenedesmus serratus* (Io = 8,25%), *Coelastrum reticulatum* var. *reticulatum* (Io = 7,14%) et *Coelastrum microporum* var. *microporum* (Io = 5,69%), alors que les Diatomophycées les plus importantes dans la composition alimentaire de ces alevins sont *Navicula veneta* (Io = 11,9%) et *Nitzschia dissipata* (Io = 8,83%).

Pour cette même classe, l'indice d'abondance des Chlorococcales (Iab = 48,07%) et des Diatomophycées (Iab = 23,25%) montrent que ce sont les items proies les plus abondants. Avec Iv égal à 63,38%, les Chlorococcales ont été quantitativement les plus importantes du spectre alimentaire de l'espèce. Les alevins de la carpe argentée de taille comprise entre 0,6 et 0,83 cm ont globalement eu une préférence pour les Chlorococcales (IA = 60,54%) surtout *Scenedesmus crassus* (IA = 20,19%), *Scenedesmus falcatus* (IA = 10,32%), *Coelastrum reticulatum* var. *reticulatum* (IA = 12,7%) et *Coelastrum microporum* var. *microporum* (IA = 11,13%). Les Desmidiacées représentées par *Staurastrum orbiculare* et *Cosmarium formosulum* ont été des proies importantes avec IA égal à 12,6%). Les autres items proies ont été secondaires (IA < 10%) dans le profil alimentaire de l'espèce.

Pour les alevins de classe de taille se situent entre 0,84 et 2,30 cm (**classe 2**), les Chlorococcales (Io=48,26%, Iab=44,6%, Iv=28,95% et IA=25,05%) et les Diatomophycées (Io=20,88%, Iab=26,57%, Iv=11,77% et IA=4,42%) ont été les taxons phytoplanctoniques les plus abondants dans les contenus des tubes digestifs des sujets étudiées, tandis que les Copépodes (Nauplius) (Io=10,07%, Iab=10,9%, Iv=29,04% et IA=28,77%), les Larves d'insectes (Io=7,26%, Iab=7,88%, Iv=17,77% et IA=20,73%) et les Rotifères représentés par *Lecane monostyla* et *Trichocera pusilla* (Io=5,68%, Iab=4,21%, Iv=14,89% et IA=13,85%) ont été par ordre d'importance les plus consommés. Cependant, malgré que les Chlorococcales et les Diatomophycées ont Io>20%, ils ont été accidentels dans l'alimentation des alevins de la classe 2 (0,84-2,30 cm) puisque toutes les espèces de ces deux groupes d'algues (*Scenedesmus crassus*, *Scenedesmus serratus*, *Scenedesmus falcatus*, *Coelastrum reticulatum* var. *reticulatum*, *Coelastrum microporum* var. *microporum*, *Nitzschia amphibia*, *Navicula veneta*, etc.) sont identifiées aux niveaux des tubes digestifs des alevins de cette 2<sup>ème</sup> classe de taille mais elles ne sont pas digérées.

La **classe 3** (2,40 - 3,40 cm) regroupent des alevins dont le régime est composé qualitativement de Chlorococcales (Io=65,84%), Diatomophycées (Io=20,89%) et Cyanobactéries Io=7,99%. Quantitativement, les items proies les plus abondants dans les tubes digestifs ont été les Chlorococcales (Iab=63,16%) avec codominance de *Scenedesmus crassus* et *Coelastrum reticulatum* var. *reticulatum* avec respectivement un indice d'abondance (Iab) de 14,96% et 13,6 %. Les Diatomophycées (Iab=31,08%) sont surtout dominées par *Nitzschia amphibia* avec Iab=23,81%.

### 3.1.2 Alevins de la Carpe herbivore

L'analyse des tubes digestifs des alevins de la carpe herbivore élevés au niveau de l'étang B2 de la station de la Deroua a montré une nette variation du régime alimentaire en fonction des trois classes de taille identifiées : la classe 1 de 0,7 à 0,8 cm, la classe 2 (0,81-2,2 cm) et la 3<sup>ème</sup> classe de 2,3 à 3,9 cm (Figure 44).

En **classe 1** (de 0,7 à 0,8 cm), les alevins de la carpe herbivore ont eu une préférence alimentaire pour 2 items proies : les Chlorophycées représentées par des Chlorococcales (Io=54,9%) et des Volvocales (Io=17,64%) et les Diatomophycées (Io=27,45%). Cependant, seules les Chlorococcales et les Diatomophycées ont été des proies accessoires et les Volvocales des proies accidentelles. *Kirchneriella obesa* (Io=15,69%), *Scenedesmus serratus* (Io =15,1%), *Navicula veneta* (Io=17,65%) et *Chlamydomonas gloeophila* (Io=17,6%) ont été les taxons les plus consommés au niveau de cette classe de taille.

Les deux Diatomophycées *Navicula veneta* et *Nitzschia dissipata* ont été l'aliment le plus abondant mais le moins dégradée des tubes digestifs (Iab=37,5) quoique accidentelles dans la composition alimentaire de l'espèce.

L'indice alimentaire indique que *Kirchneriella obesa* (IA=12%) et *Scenedesmus serratus* (IA =33,8%) sont les proies les plus dominantes des Chlorococcales (IA=50,66%) dans le tractus digestif des alevins de cette classe de taille.

Les alevins de la carpe herbivore dont la taille se situe entre 0,81 et 2,2 cm (**classe 2**) présentent une préférence alimentaire aux Rotifères (Io=11,34%, Iab=7,67%, Iv=4,62% et IA=11,68%), Copépodes (Io=8,54%, Iab=18,72%, Iv=26,48% et IA=18,23%), Larves d'insectes (Io=17,18%, Iab=20,1%, Iv=30,63% et IA=30%) et Cladocères (Io=12,58%, Iab=5,44%, Iv=5,24% et IA=4,79%).

Les autres proies Chlorococcales et Diatomophycées se trouvent accidentellement dans les tubes digestifs des individus disséqués. L'analyse des résultats de ces indices ont montré que les Cladocères sont des proies d'importances secondaires, les Larves d'insectes sont des proies dominantes des tubes digestifs, alors que les Rotifères (*Finilia terminalis*, *Asplanchna priodonta*, *Epiphanes senta* et *Lecane monostyla*) et les Copépodes (*Nauplius*) ont été les proies les plus importantes et les plus digérées.

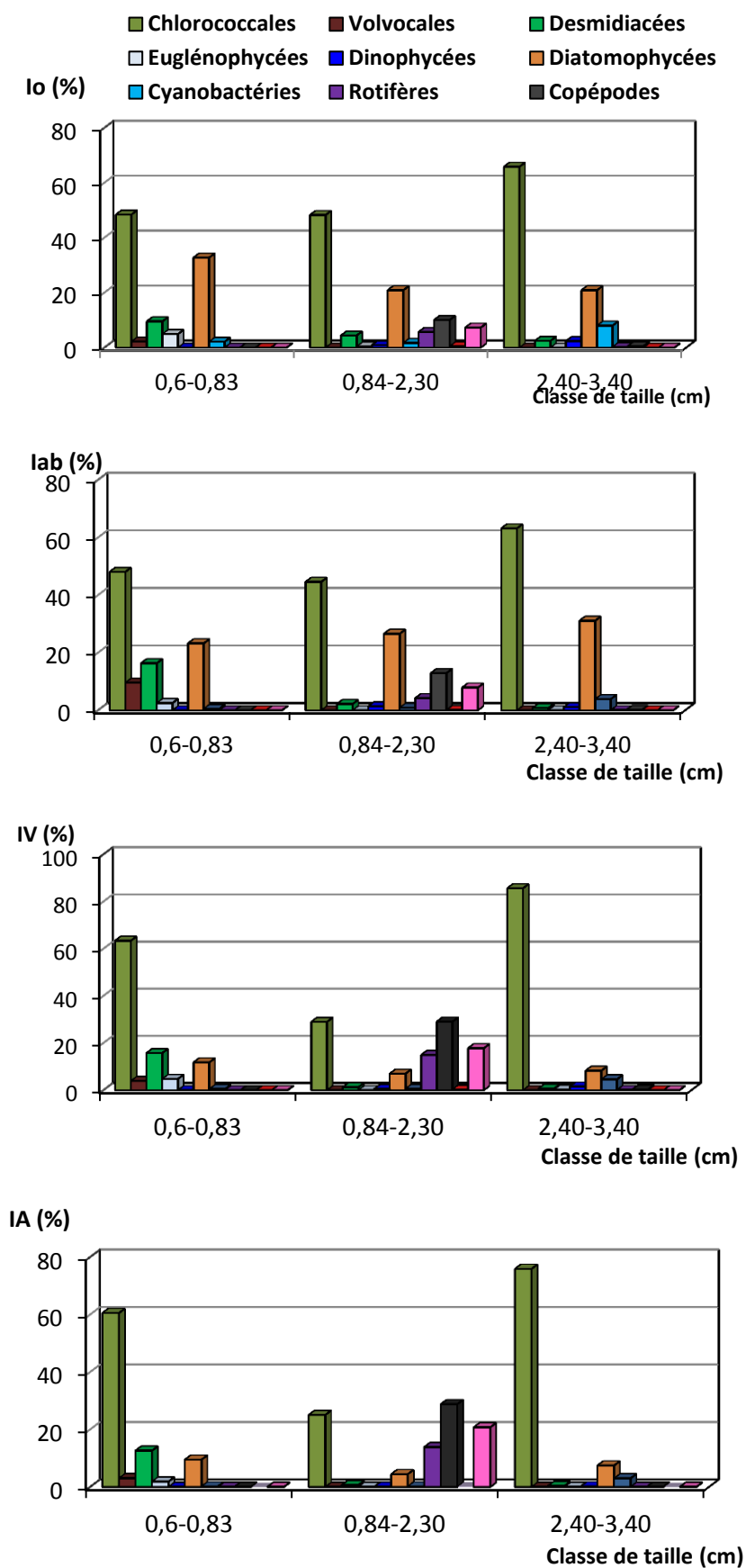


Figure 43: Les indices d'occurrence (Io), d'abondance (Iab), volumétrique (IV) et alimentaire (IA) en pourcentage des groupes d'items proies dans les contenus des tubes digestifs des alevins de la carpe argentée, en fonction de la taille.

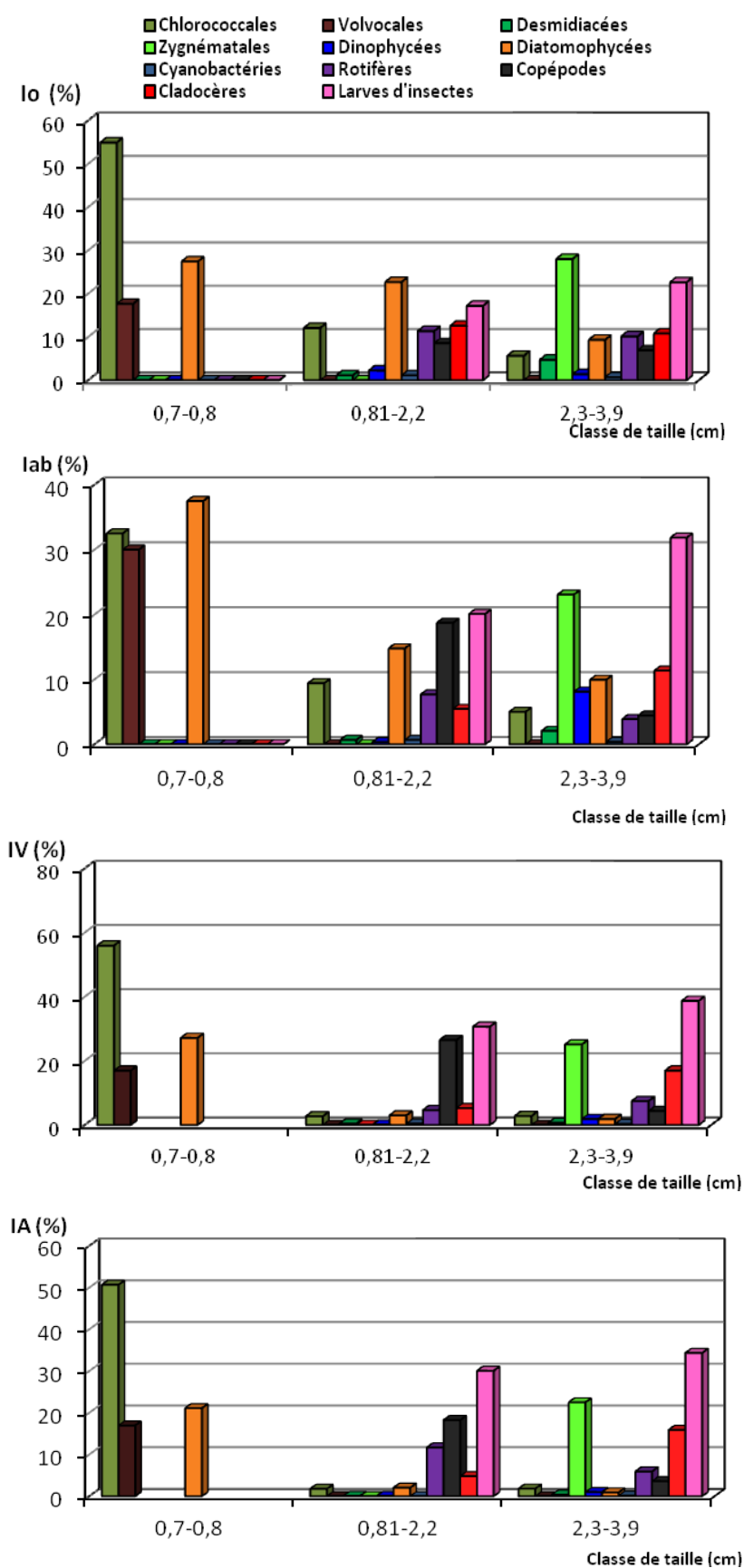


Figure 44: Les indices d'occurrence (Io), d'abondance, volumétrique (IV) et alimentaire (IA) en pourcentage des groupes d'items proies dans les contenus des tubes digestifs des alevins de la carpe herbivore, en fonction de la taille.

En **classe 3** (2,3 à 3,9 cm), les Zygnématales représentées par l'espèce *Spirogyra varians* trouvent place dans l'alimentation des alevins de la carpe herbivore avec ( $I_o=27,98\%$ ,  $I_{ab}=23\%$ ,  $I_v=25,09\%$  et  $I_A=22,48\%$ ) ceci montre que ces alevins ont bien développé des dents pharyngiennes à 2,3 cm et peuvent prendre son alimentation préférée (l'absence des macrophytes au niveau des tubes digestifs des individus étudiés est lié à leurs absence dans l'étang B2). Les autres proies (Chlorococcales, Diatomophycées, Desmidiacées, Dinophycées, Rotifères, Copépodes, Cladocères et Larves d'insectes ont été ingérées accidentellement puisqu'elles ne sont pas dégradées.

### 3.1.3 Alevins de la Carpe commune

Chez les alevins de la carpe commune, les variations des indices alimentaires en fonction des classes de tailles de chaque catégorie de proies sont illustrées dans la Figure 45 ; les classes de tailles déterminées sont : la classe 1 de 0,7 à 0,82 cm ; la classe 2 de 0,83 à 3,5 cm et la classe 3 de 3,6 à 4,2 cm.

Les alevins de la **classe 1** de taille 0,7 à 0,82 cm se nourrissent en préférence des Chlorococcales ( $I_o=83,2\%$ ,  $I_{ab}=74,95\%$ ,  $I_v=91\%$ ) et des Diatomophycées ( $I_o=16,78\%$ ,  $I_{ab}=25\%$ ,  $I_v=8,21\%$ ). Les espèces les plus abondantes et les plus dominantes des Chlorococcales sont *Scenedesmus protuberans* ( $I_{ab}=22,58\%$  ;  $I_v=35,66\%$ ), *Coelastrum microporum* var. *microporum* ( $I_{ab}=9,67\%$  ;  $I_v=6,79\%$ ), *Scenedesmus smithii* ( $I_{ab}=9,41\%$  ;  $I_v=5,09\%$ ), et *Scenedesmus serratus* ( $I_{ab}=12,9\%$  ;  $I_v=5\%$ ). Les Diatomophycées sont représentées surtout par *Nitzschia amphibia* ( $I_{ab}=16,13\%$  ;  $I_v=5,1\%$ ) et *Navicula veneta* ( $I_{ab}=12,9\%$  ;  $I_v=3,18\%$ ). Aussi, a-t-on observé que les Chlorococcales ( $I_A = 64,3\%$ ) sont les proies les plus abondants et les préférées des alevins de la carpe herbivores en classe de taille de 0,7 à 0,82 cm.

De 0,83 jusqu'au 3,5 cm de taille (**classe 2**), les groupes d'items proies abondants et récurrents dans la composition alimentaire de l'espèce ont été respectivement les Chlorococcales ( $I_o = 41,1\%$  ;  $I_{ab} = 43,07\%$  ;  $I_v = 33,16\%$ ), les Copépodes ( $I_o = 14,2\%$  ;  $I_{ab} = 16,92\%$  ;  $I_v = 33,6\%$ ), les Diatomophycées ( $I_o = 24,14\%$  ;  $I_{ab} = 27,75\%$  ;  $I_v = 17,2\%$ ) et les larves d'insectes ( $I_o = 7,85\%$  ;  $I_{ab} = 5,26\%$  ;  $I_v = 11,36\%$ ), les Rotifères sont présents, mais en faible proportion ( $I_o = 4,2\%$  ;  $I_{ab} = 0,7\%$  ;  $I_v = 1,33\%$ ). Néanmoins, les Chlorococcales ( $I_A=26,54\%$ ) et les Diatomophycées ( $I_A=9,91\%$ ) se trouvent de façon accidentelle au niveau des contenus des tubes digestifs puisque les items proies de ces deux groupes présentent des cellules intactes non dégradées. Les Copépodes présentant un  $I_A$  de 30,5% sont des proies essentielles, les larves d'insectes ( $I_A = 8,4\%$ ), les Cladocères ( $I_A = 0,69\%$ ) et les Rotifères ( $I_A=0,66\%$ ) ont été des aliments secondaires des alevins de cette classe de taille. Les tubes digestifs des individus de cette classe de taille renferment 40 à 60% de détritus (matière organique morte brunâtre à noirâtre).

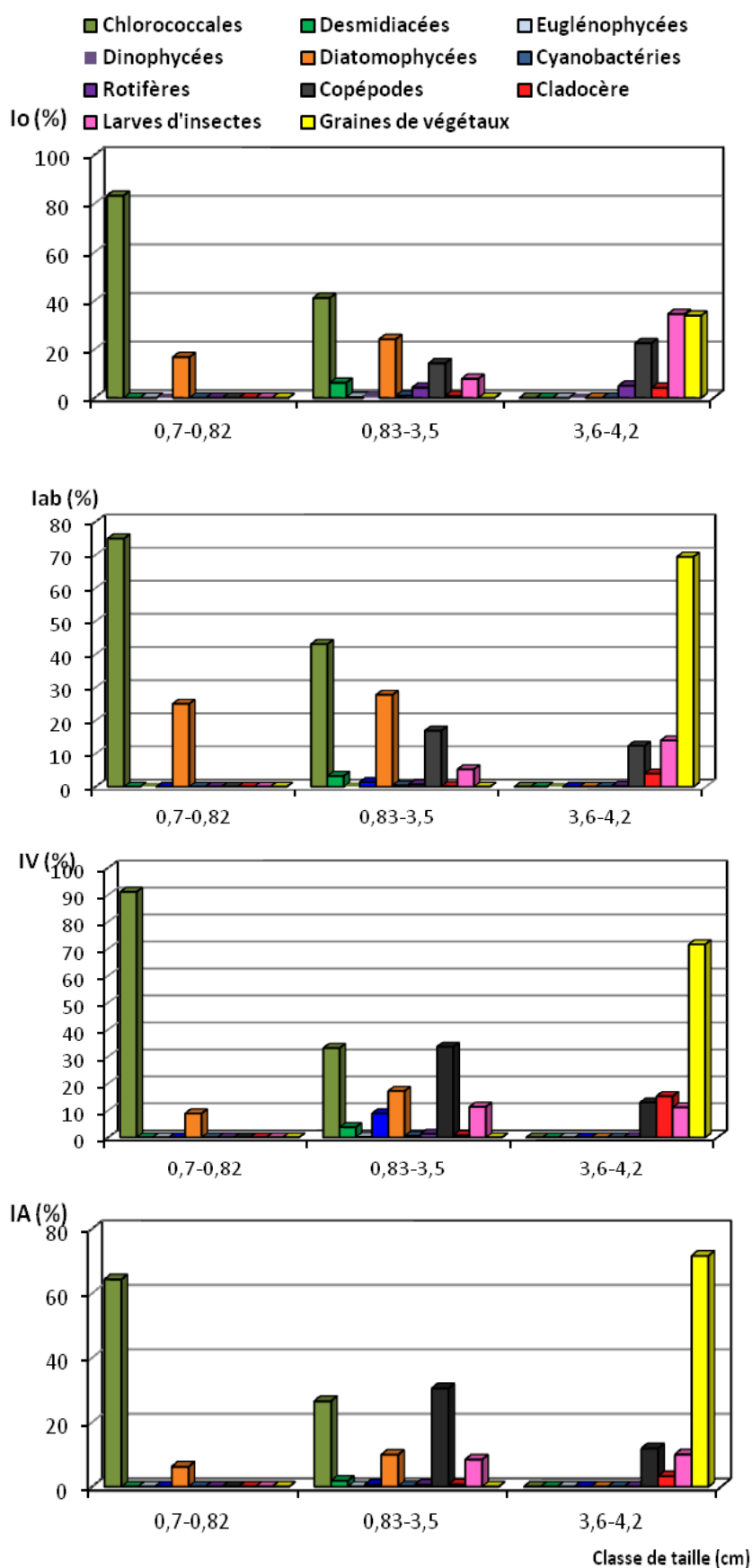
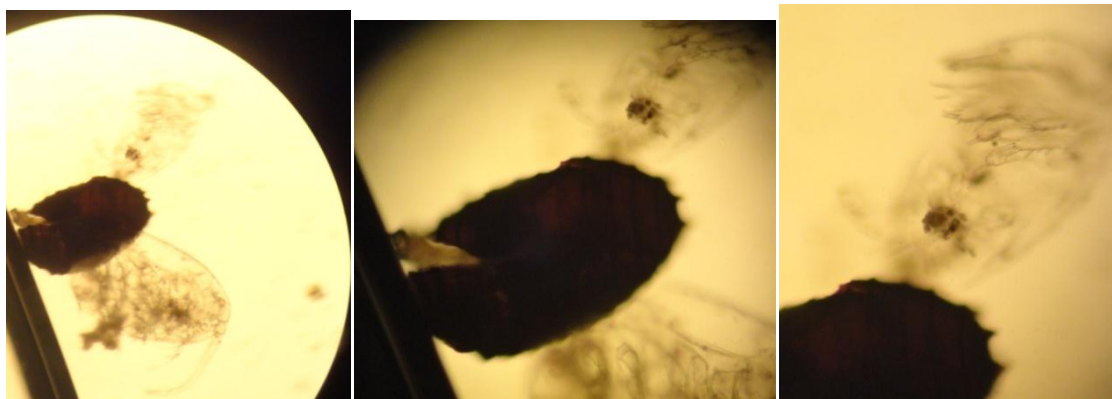
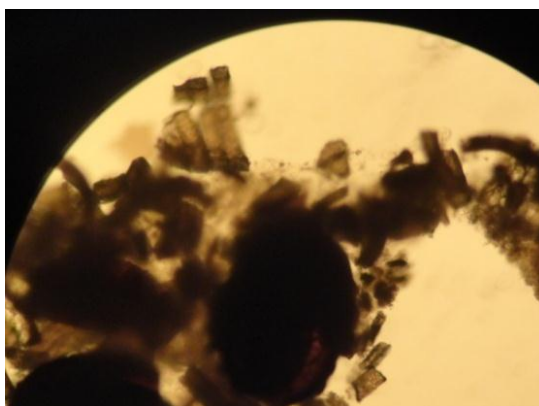


Figure 45: Les indices d'occurrence (Io), d'abondance, volumétrique (IV) et alimentaire (IA) en pourcentage des groupes d'items proies dans les contenus des tubes digestifs des alevins de la carpe commune, en fonction de la taille.

Pour la **classe 3** de taille comprise entre 3,6 et 4,2 cm, les contenus des tubes digestifs des alevins de la carpe commune renferment des aliments diversifiés à base de graines de végétaux (photo 19) ( $I_o = 33,87\%$  ;  $I_{ab} = 69,44\%$  ;  $I_v = 71,62\%$ ), de larves d'insectes ( $I_o = 34,5\%$  ;  $I_{ab} = 13,97\%$  ;  $I_v = 11,13\%$ ), de Copépodes (*Nauplius*) ( $I_o = 22,5\%$  ;  $I_{ab} = 12,37\%$  ;  $I_v = 12,94\%$ ), de Rotifères (*Lecane monostyla*) ( $I_o = 5\%$  ;  $I_{ab} = 0,24\%$  ;  $I_v = 0,12\%$ ) et de Cladocères (Bosminida sp) ( $I_o = 4,11\%$  ;  $I_{ab} = 3,95\%$  ;  $I_v = 15,28\%$ ). Les graines de végétaux, les larves d'insectes et les copépodes constituent les proies accessoires de ces alevins avec  $I_o$  supérieur à 20%, les autres sont des proies ingérées accidentellement. La part prise par les graines de végétaux (photo 20) a été dominante avec  $I_A = 71,62\%$ , les Copépodes ont été des proies importantes ( $10 < I_A = 11,86\% < 25$ ) et les autres sont des proies secondaires dans le spectre d'alimentation des alevins de la classe de taille 3.



*Photo 19 : Graine de végétaux avec zooplancton à côté.*



*Photo 20: Fragment de graine dégradé.*



### 3.1.4 Fractions animale et végétale du régime alimentaire des alevins de trois espèces de carpes

L'évolution de l'indice alimentaire (IA) de la fraction végétale et celle animale trouvées dans le contenu intestinal des alevins de la carpe argentée (CA), la carpe herbivore (CH) et la carpe commune (CC) en fonction de la taille est rapportée sur la Figure 46.

Pour les alevins de la CA, la fraction végétale domine dans le contenu des tubes digestifs dont la taille varie de 0,6 à 0,83 cm, au-delà de cette taille et jusqu'à 2,3 cm, cette tendance s'inverse vers une zoophagie, de 2,4 à 3,4 cm le régime alimentaire de ces alevins repose principalement sur le phytoplancton.

Les alevins de la CH dont la taille est de 0,7 à 0,8 cm se nourrissent surtout de phytoplancton. Lorsque la taille est comprise entre 0,9 et 2,2 cm, la fraction animale augmente contre celle végétale et elle atteint son maximum (IA = 97,68%) à 1,53 cm. Au-delà de 2,3 cm, le contenu des tubes digestifs renferment à la fois la fraction animale et la fraction végétale, cette dernière est représentée en grande proportion par *Spirogyra varians* ce qui signifie qu'à ce stade ces alevins ont bien développé des dents pharyngiennes et ils ont la capacité de sélectionner l'aliment préféré.

Au cours des premiers stades de vie en étang et à une taille de 0,7 à 0,82 cm, les alevins de la CC consomment exclusivement du phytoplancton. Malgré qu'on observe une diminution de la fraction animale à une taille de 2 à 2,4 cm (liée à la dégradation d'un nombre important de proies animales ainsi qu'à la présence de détritus). Nous trouvons que pour une taille de 0,83 à 3,5 cm, les alevins se nourrissent préférentiellement de la fraction animale. Au-delà de 3,6 cm, la fraction animale diminue dans le contenu intestinal des alevins avec la disponibilité de la fraction végétale dans l'étang d'alevinage principalement des graines de végétaux.

Résultats et discussions: Physicochimie de l'eau, dynamique des peuplements planctoniques et régime alimentaire des alevins de carpes-période d'alevinage 2014

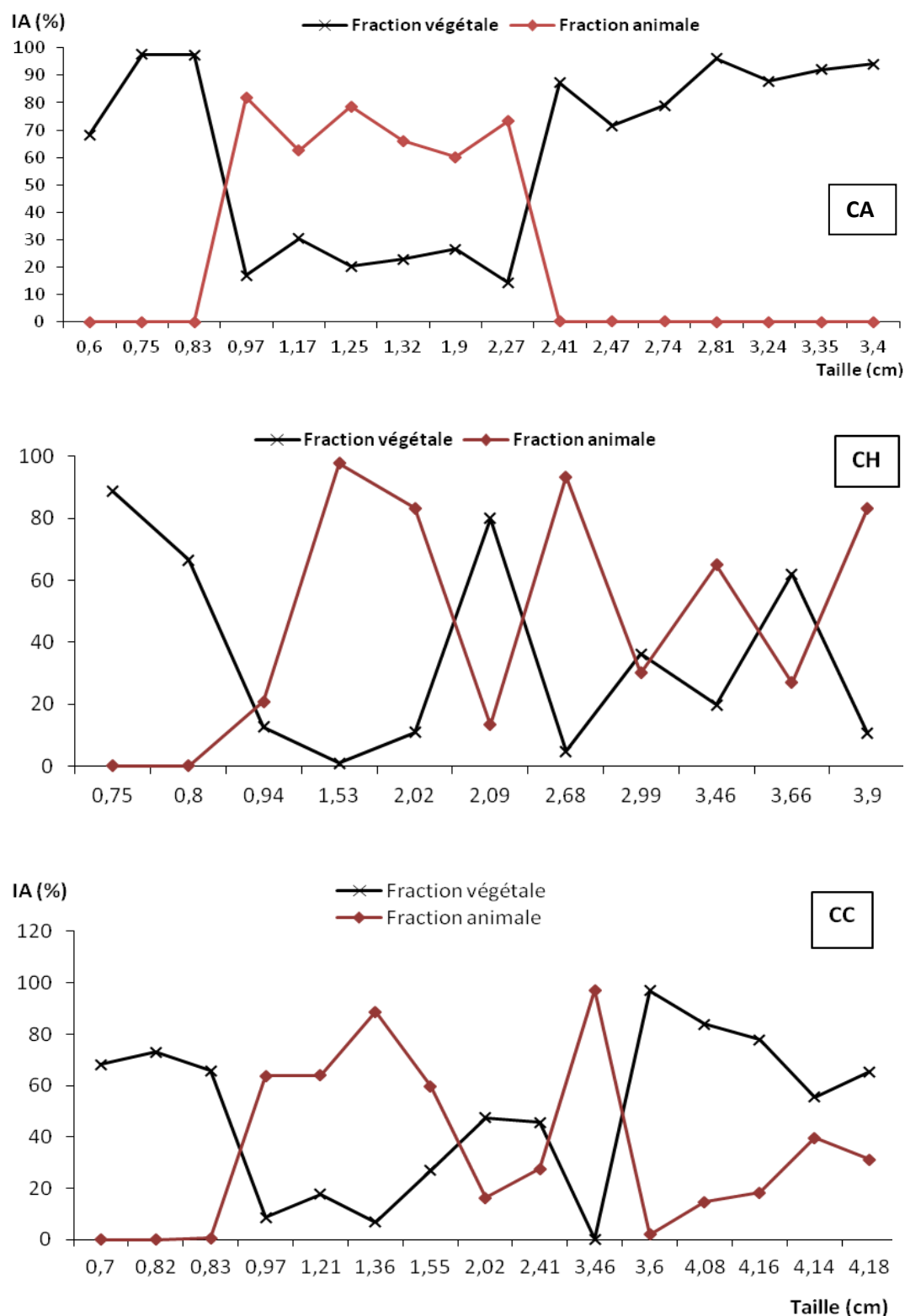


Figure 46: Comparaison de la proportion animale-végétale exprimée par l'indice alimentaire dans le régime alimentaire des alevins de la carpe argentée (CA), la carpe herbivore (CH) et la carpe commune (CC).

#### 4. Discussion et conclusion

Le suivi de la croissance chez les carpes des étangs de la station Deroua, a montré que la argentée présente la croissance journalière en taille et en poids la plus lente (respectivement 0,76 mm/j et 9,34 mg/j) par rapport à celles de la carpe herbivore (1,16 mm/j et 20,8 mg/j) et la carpe commune (1,16 mm/j et 42,23 mg/j).

L'étude de la relation longueur-poids des trois espèces de carpes a permis de déterminer que dans l'ensemble la valeur de « b » a varié de 3,1 à 3,43. Cette fourchette de la valeur de «b» est concordante avec celle habituellement rapportée et admise par la littérature qui situait cette valeur entre 2,50 et 3,50 (Pauly et Moreau, 1997). En revanche, la croissance des alevins de la carpe herbivore est symétrique dans les étangs d'alevinage de la Deroua alors que celle des alevins de la carpe argentée et de la carpe commune est allométrique, nous notons que ces deux dernières espèces ont donc tendance à grossir davantage que ceux de la carpe herbivore au fur et à mesure qu'ils grandissent. Les paramètres de la relation poids-longueur constituent un outil essentiel de comparaison entre diverses populations d'une même espèce vivant dans des écosystèmes similaires ou différents (Stergiou et Moutopoulos, 2001; Thomas et al., 2003 et Odat, 2003).

Généralement, nous pouvons conclure que de 0,6 à 0,83 cm, les alevins de la carpe argentée se nourrissent uniquement de Chlorococcales telles que *Scenedesmus crassus*, *Scenedesmus serratus*, *Coelastrum reticulatum var. reticulatum*, *Coelastrum microporum var. microporum* et de Diatomophycées telles que *Nitzschia amphibia*, *Navicula cryptocephala*, *Navicula veneta* et *Cymbella turgidula*, ceci est en accord avec Rozmanova (1966) qui a trouvé que les larves de cette même espèce se nourrissent d'algues vertes telles que *Scenedesmus quadricaudata*, *Ankistrodesmus acicularis*, *Pediastrum boryanum*, *Coelastrum acicularis*, *Cryptomonas marssonii* et les algues du genre *Nitzschia*. Ces résultats contredisent ceux trouvés par Kottelat et Freyhof (2007) ; ces auteurs ont montré que cette espèce consomme du phytoplancton jusqu'à la taille de 1,5 cm. El Alami (2010) signale que le régime alimentaire des alevins de la carpe argentée de 0,8 cm de taille, élevés au niveau de la station de la Deroua, est composé de 60% de Rotifères, de 30% de protozoaires et de 10% de phytoplancton.

A une taille comprise entre 0,84 et 2,30 cm, ces alevins consomment préférentiellement les larves de Copépodes, les larves d'insectes et les Rotifères. Les Chlorococcales et les Diatomophycées ont été accidentelles dans l'alimentation des alevins de la classe 2 (0,84-2,30 cm) puisque toutes les espèces de ces deux groupes d'algues (*Scenedesmus crassus*, *Scenedesmus serratus*, *Coelastrum reticulatum var. reticulatum*, *Nitzschia amphibia*, *Navicula veneta*, etc.) identifiées au niveau des tubes digestifs des alevins ne sont pas digérées. Ce qui amène à penser que les enzymes responsables de leur digestion à cette taille ne sont pas encore synthétisées en quantités suffisantes (Hasnaoui et al., 2002a). Ainsi, d'après Domaizon et Devaux (1999), la carpe argentée est un filtreur par pompage, les proies sont capturées par succions buccales, et la carpe argentée est un prédateur passif de zooplancton et un brouteur passif de phytoplancton.

De 2,40 à 3,40 cm, le régime alimentaire évolue pour inclure principalement du phytoplancton surtout les espèces de Chlorococcales : *Scenedesmus crassus*, *Scenedesmus serratus* et *Coelastrum reticulatum* var. *reticulatum* dont la taille est supérieure à 10 µm. Ceci est en accord avec Vörös et al. (1997), ONEP (1989). Les Cyanobactéries principalement *Microcystis aeruginosa* se trouvent non digérer au niveau des tubes digestifs des individus de cette classe de taille. Ce résultat confirme celui de Hasnaoui et al., (2002a), qui rapportent que l'existence d'un grand nombre de colonies de *Microcystis aeruginosa* dans des pelotes fécales des carpillons de l'étang de la Deroua.

Les alevins de la carpe herbivore de 0,7 à 0,8 cm de taille des étangs de la station de la Deroua consomment essentiellement des Chlorococcales. D'après Aliev, In Antalfi et Tolg (1972), au 7ème jour post-éclosion, la méso-larve mesure 7,5 à 8,0 mm. La vésicule vitelline est complètement résorbée et l'individu prend exclusivement de la nourriture exogène. Les résultats trouvés montrent que les alevins de 0,81 à 2,2 cm de longueur moyenne consomment préférentiellement des Copépodes et des Rotifères. Ces résultats ne corroborent pas les résultats trouvés par George (1982) où il rappelle que les alevins de la carpe herbivore ont un régime alimentaire, exclusivement carnivore dans les premières semaines. Au niveau des étangs d'alevinages de la Deroua, le régime alimentaire des alevins de la carpe herbivore évolue en fonction de la taille et de l'âge du poisson. Au début de leur alimentation exogène (alevins de 9 jours,  $\pm 0,0045$  g,  $\pm 0,7$  cm), les larves se nourrissent d'algues vertes telles que *Scenedesmus serratus* et *Kirchneriella obesa*, ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par Rozmanova (1966). Un peu plus tard, de 0,84 à 2,3 cm, du zooplancton tel que *Lecane monostyla*, *Nauplius* et des larves d'insectes apparaissent dans l'alimentation. Dah-Shu (1957), Ling (1967), Sobolev (1970) et Bardach et al. (1972) rappellent que le régime alimentaire se généralise chez les larves d'environ 10 cm (cladocères, copépodes et petits animaux benthiques), ainsi Opuszynski (1972, 1973) a montré que les larves de chironomidés sont une composante importante de l'alimentation des larves de 17-18 mm et plus.

A partir de 2,3 cm, les alevins de la carpe herbivore dans les étangs de la Deroua, commencent à se nourrir des algues filamenteuses (surtout *Spirogyra varians* et *Spirogyra majuscula*). (Bruslé et Quignard, 2001 ; Pípalová, 2002 et 2006), à ce stade, nous pouvons considérer que cette carpe devient exclusivement herbivore (Shireman et Smith, 1983 ; Dabbadie, 1994 ; Billard, 1997 ; Bruslé et Quignard, 2001 ; Galveston Bay Foundation, 2002 ; Kottelat et Freyhof, 2007). Ces auteurs ont montré que le régime alimentaire devient quasi-exclusivement herbivore au-delà de 2 à 5 cm. Ces résultats contredisent ceux de George (1982) où il rappelle que le régime alimentaire de cette espèce devient exclusivement herbivore dès que le poisson a atteint la longueur de 25-30 mm. Malgré cela, nous considérons que cette espèce majoritairement herbivore, n'entre pas en compétition alimentaire avec les autres espèces et ne constitue donc pas un danger pour les autres espèces avec lesquelles elle est associée. Kilgen et Smitherman (1973) ont montré qu'en absence de nourriture végétale, les juvéniles se nourrissaient d'insectes. La proportion de matériel végétal va aller sans cesse en augmentant avec l'accroissement de la taille du poisson. Selon Aliev, In Antalfi et Tolg (1972) voir liste des références à ajoutées, après le 20ème jour post-éclosion, la post-larve de la carpe herbivore mesure de 15 à 23,4 mm, les dents pharyngiennes

(corbeille branchiale) sont bien développées et sont identiques à l'adulte. Hickling (1962) et Hopher (1988) ont montré que la cavité buccale de l'Amour blanc (carpe herbivore) contient des dents pharyngiennes, très dures et très tranchantes, qui permettent au poisson de couper ses aliments, et non pas de le râper comme pour d'autres espèces. Les autres proies ont été ingérées accidentellement puisqu'elles ne sont pas dégradées. Ceci est en accord avec Cudmore et Mandrak (2004) qui montrent que les juvéniles peuvent ingérer en même temps divers organismes vivant parmi ces plantes (mollusques, larves d'insectes, etc.).

Concernant la carpe commune il est capable de modifier son régime alimentaire en fonction de la taille. A une taille située entre 0,7 et 0,82 cm (l'âge de 10 à 11 jours), les alevins se nourrissent exclusivement de Chlorococcales telles que *Scenedesmus serratus*, *Scenedesmus smithii*, *Scenedesmus protuberans* et *Coelastrum microporum var. microporum* et de Diatomophycées surtout *Nitzschia amphibia* et *Navicula veneta*. Ce résultat ne corrobore pas celui trouvé par Billard (1995a) qui rapporte que les principales proies alimentaires de l'alevin de l'âge 1 à 11 jours ont été des protozoaires, des rotifères et des petits crustacés.

Les alevins dont la taille est de 0,83 à 3,5 cm (l'âge de 12 à 17 jours) ont eu une préférence alimentaire pour les Copépodes (Nauplius) et les larves d'insectes, les Cladocères et les Rotifères ont été des proies secondaires. Ces mêmes constatations ont été trouvées par Billard (1995a) qui rapporte qu'à l'âge de 11 à 18 jours, ces poissons consomment principalement des Crustacées (petits et moyens) et des larves d'insectes.

Pour les alevins de taille varie de 3,6 à 4,2 cm (l'âge de 18 à 39 jours), les graines de végétaux constituent les proies les plus préférées suivies par ordre d'importance de Copépodes, larves d'insectes, Cladocères et Rotifères. Billard (1995a) a trouvé que les alevins de la carpe commune consomment préférentiellement des gros Crustacés et des larves d'insectes à l'âge de 19 à 33 jours. On peut dire que cette espèce adapte son régime en fonction des contraintes du milieu.

La proportion de la fraction végétale et celle animale dans l'alimentation de la carpe argentée, herbivore et commune semble varier en fonction de la disponibilité des aliments et de la taille des poissons. Ces résultats permettent de dresser le tableau 16 (ci-après) récapitulatif du régime alimentaire des alevins des trois espèces de carpes en fonction de la taille (de l'âge).

Résultats et discussions: Physicochimie de l'eau, dynamique des peuplements planctoniques et régime alimentaire des alevins de carpes-période d'alevinage 2014

Tableau 16: Aliments préférés pour les alevins des trois espèces de carpes élevées à la station de la Deroua.

Alevins de carpes	Taille (cm)	Age (jour)	Fraction dominante	Aliment dominant
<b>Carpe argentée</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0,60-0,83</li> <li>• 0,84-2,3</li> <li>• 2,40-3,4</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10-11</li> <li>• 12-22</li> <li>• 23-45</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fraction végétale</li> <li>• Fraction animale</li> <li>• Fraction végétale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Chlorococcales</b> (<i>Scenedesmus crassus</i>, <i>Scenedesmus serratus</i>, <i>Coelastrum reticulatum</i> var. <i>reticulatum</i> et <i>Coelastrum microporum</i> var. <i>microporum</i>) et <b>Diatomophycées</b> (<i>Nitzschia amphibia</i> et <i>Navicula veneta</i>).</li> <li>• <b>Larves de Copépodes</b> (<i>Nauplius</i>) et <b>larves d'insectes</b>.</li> <li>• <b>Chlorococcales</b> (<i>Scenedesmus crassus</i> et <i>Coelastrum reticulatum</i> var. <i>reticulatum</i>) et <b>Diatomophycées</b> (<i>Nitzschia amphibia</i>).</li> </ul>
<b>Carpe herbivore</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0,7-0,8</li> <li>• 0,81-2,2</li> <li>• 2,2-3,9</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10-11</li> <li>• 12-23</li> <li>• 24-38</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fraction végétale</li> <li>• Fraction animale</li> <li>• Fraction végétale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Chlorococcales</b> (<i>Scenedesmus serratus</i>, <i>Kirchneriella obesa</i>).</li> <li>• <b>Rotifères</b> (<i>Lecane monostyla</i>), <b>Larves de Copépodes</b> (<i>Nauplius</i>) et <b>Larves d'insectes</b>.</li> <li>• <b>Algues filamenteuses</b> (<i>Spirogyra varians</i> et <i>Spirogyra majuscula</i>).</li> </ul>
<b>Carpe commune</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0,7-0,82</li> <li>• 0,83-3,5</li> <li>• 3,6-4,2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10-11</li> <li>• 12-17</li> <li>• 18-39</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fraction végétale</li> <li>• Fraction animale</li> <li>• Fraction végétale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Chlorococcales</b> (<i>Scenedesmus serratus</i>, <i>Scenedesmus smithii</i>, <i>Scenedesmus protuberans</i> et <i>Coelastrum microporum</i> var. <i>microporum</i>).</li> <li>• <b>Larves de copépodes</b> (<i>Nauplius</i>) et <b>larves d'insectes</b>.</li> <li>• <b>Graines de végétaux</b>.</li> </ul>

# Partie 2

---

## **ETUDE DE TROIS ESPECES DE CARPILLONS : PHYSICOCHEMIE, PEUPELEMENTS PLANCTONIQUES ET REGIME ALIMENTAIRE**

### **Chapitre 1**

**Evolution des paramètres physico-chimiques et des communautés planctoniques de l'étang de productions de carpillons**

### **Chapitre 2**

**Variabilité saisonnière du poids et de la taille de trois espèces de carpes en fonction du mode d'élevage**

### **Chapitre 3**

- I. Régime alimentaire des carpillons a moyen terme**
- II. Variation saisonnières du régime alimentaire de trois espèces de carpillons**

# Chapitre 1

---

## Evolution des paramètres physico-chimiques et des communautés planctoniques de l'étang de productions de carpillons

1. INTRODUCTION
2. MATERIEL ET METHODES
  - 2.1 Echantillonnage
  - 2.2 Méthodes d'analyses
3. RESULTATS
  - 3.1 Evolution spatio-temporelle de la physicochimie de l'eau
  - 3.2 Physicochimie de l'eau en fonction du mode d'élevage
4. DISCUSSION
5. CONCLUSION



## **Chapitre 1**

### **Evolution des paramètres physico-chimiques et des communautés planctoniques de l'étang de productions de carpillons**

#### **1. Introduction**

La production piscicole dans les étangs dépend de la qualité chimique et physique des eaux ; ces paramètres permettent de caractériser les potentialités de production et d'envisager des améliorations de la qualité des eaux afin d'offrir au poisson un milieu plus favorable à sa survie et sa croissance (Billard, 1995a). Par ailleurs, une stimulation du développement du plancton peut renseigner sur les capacités de production de l'étang (Barbe et al., 1999).

Le vent, le broutage par le zooplancton et par le poisson, la fertilisation, la dilution et la charge en poisson sont les facteurs à prendre en considération pour la compréhension de la répartition spatio-temporelle du phytoplancton dans l'étang (Hasnaoui, 2001).

Dans le cadre de cette étude, nous avons dressé une première liste systématique des espèces algales planctoniques présentes dans les 9 étangs étudiés et nous avons effectué un suivi des variations de la biomasse et de la structure des peuplements algal et zooplanctonique entre février 2013 et mars 2014.

Il s'agit, plus précisément, d'étudier la composition spécifique et les variations spatiotemporelles des communautés phyto- et zooplanctoniques dans les étangs de production de carpillons, en relation avec des paramètres physicochimiques du milieu.

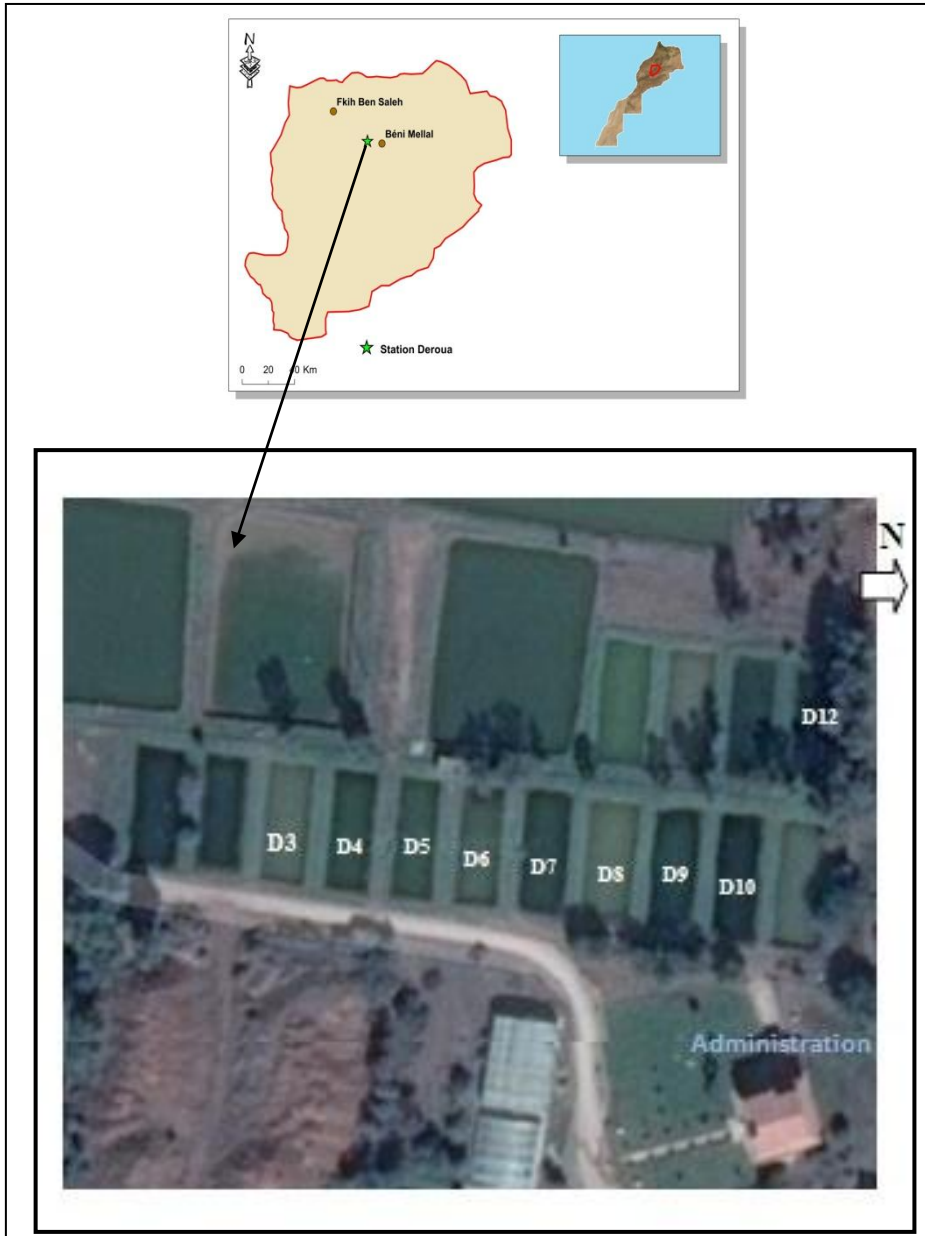
#### **2. Matériel et méthodes**

##### **2.1 Milieu d'étude**

Située dans une région semi-aride à 25 km à l'Ouest de la ville de Béni-Mellal (Maroc), La station de pisciculture de la Deroua dispose actuellement de 43 étangs en plusieurs séries. Seuls 9 étangs de la série D sont utilisés pour réaliser cette étude de croissance (D3, D4, D5, D6, D7, D8, D9, D10 et D12). Ces étangs, utilisés pour le grossissement de trois espèces de carpes, ont une superficie de 300 m<sup>2</sup> et 1,5 m de profondeur et sont pourvus d'aérateur artificiel permettant l'oxygénation de la masse d'eau de l'étang en cas de nécessité (Figure 47).

L'eau de remplissage des étangs provient de la nappe phréatique et du barrage Bin El Ouidane.

*Evolution des paramètres physico-chimiques et des communautés planctoniques de l'étang de productions de carpillons*



*Figure 47 : Situation géographique du site d'étude et localisation réelle des étangs de grossissements étudiés, station de pisciculture de la Deroua.*

Nous avons mis en place trois répétitions pour chaque mode d'élevage (tableau 17).

*Tableau 17: Etang, mode d'élevage et nombre de carpillons stockés par étang.*

Etang	Mode d'élevage	Nombre de poisson/étang
D3, D4 et D5	<b>Polyculture (CA+CH+CC)</b>	410 CA + 50 CH + 50 CC
D6, D7 et D8	<b>Elevage (CA+CH)</b>	410 CA + 50 CH
D9, D10 et D12	<b>Monoculture CA</b>	410

## 2.2 Echantillonnage pour analyse physico-chimique

Onze séries de prélèvements ont été effectuées entre février 2013 et mars 2014 sur les 9 étangs.

Les prélèvements d'eau ont été effectués suivant un pas mensuel d'échantillonnage. Les échantillons ont été récoltés entre 9 heures et 12 heures, en quatre stations de l'étang. L'analyse est effectuée sur un échantillon composite obtenu par mélange en parties égales des quatre prélèvements. L'eau de la nappe a été également prélevée pour analyse.

### **2.3 Récolte du plancton pour analyse qualitative et quantitative**

Selon qu'il s'agit d'effectuer un inventaire systématique du phytoplancton ou une estimation quantitative, la méthode de récolte des algues utilisée est la même. Les récoltes d'algues ont été effectuées entre 10 heures et 14 heures durant la même période et suivant la même fréquence d'échantillonnage que pour l'eau. Ces récoltes ont été effectuées à l'aide d'un filet à plancton de 53  $\mu\text{m}$  de maille avec une ouverture de 25 cm de diamètre descendu verticalement jusqu'au fond puis remonté jusqu'à la surface. L'eau riche en plancton ainsi obtenue a été recueillie dans une bouteille étiquetée. Cette opération est réalisée trois fois à chaque station.

### **2.4 Méthodes analytiques**

Les paramètres physiques et chimiques suivis et les méthodes de détermination de ces paramètres sont résumés dans le tableau 6 du chapitre 1 (première partie).

Les échantillons destinés à l'analyse du phytoplancton et du zooplancton ont été fixés au formol 10%, les dénombrements étant effectués en microscope inversé de type Euromex d'après la méthode d'Utermöhl (1958) modifiée par Legendre & Watt (1972). Les résultats des comptages sont exprimés en nombre d'individus, de filaments ou de colonies par litre.

La systématique des espèces phytoplanctoniques et zooplanctoniques a été réalisée en se référant aux ouvrages cités en chapitre 1 de la première partie.

## **3. Résultats physico-chimiques et biologiques**

### **3.1 Caractéristiques physico-chimiques de l'eau de remplissage des étangs de production de carpillons**

Les caractéristiques physiques et chimiques des eaux de remplissage des étangs d'alevinage sont données dans le tableau 18.

**Tableau 18: Paramètres physico-chimiques de l'eau de la nappe phréatique et du lac réservoir Bin El Ouidane en 2013**

	Eau de la nappe phréatique	Eau du lac réservoir Bin El Ouidane
pH	7,7 ± 0,28	8,1 ± 0,42
Température (°C)	21 ± 2,82	27 ± 2,12
Cond. Elect (µs/cm)	1080 ± 127	520 ± 23,3
Oxygène dissous (mg O <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup> )	5,63 ± 1,05	7,5 ± 0,35
N-NO <sub>2</sub> (mg N.L <sup>-1</sup> )	0,098 ± 0,055	0,052 ± 0,2
N-NO <sub>3</sub> (mg N.L <sup>-1</sup> )	7,147 ± 0,66	0,931 ± 0,04
P-PO <sub>4</sub> (mg P.L <sup>-1</sup> )	0,069 ± 0,005	0,13 ± 0,01

L'eau de la nappe est très minéralisée (1080µs/cm) que celle du lac. Elle est plus riche en nitrates.

### 3.2 Suivi des paramètres physico-chimiques

Les variations mensuelles moyennes des caractéristiques physiques de l'eau des étangs en fonction du mode d'élevage sont données sur la figure 48.

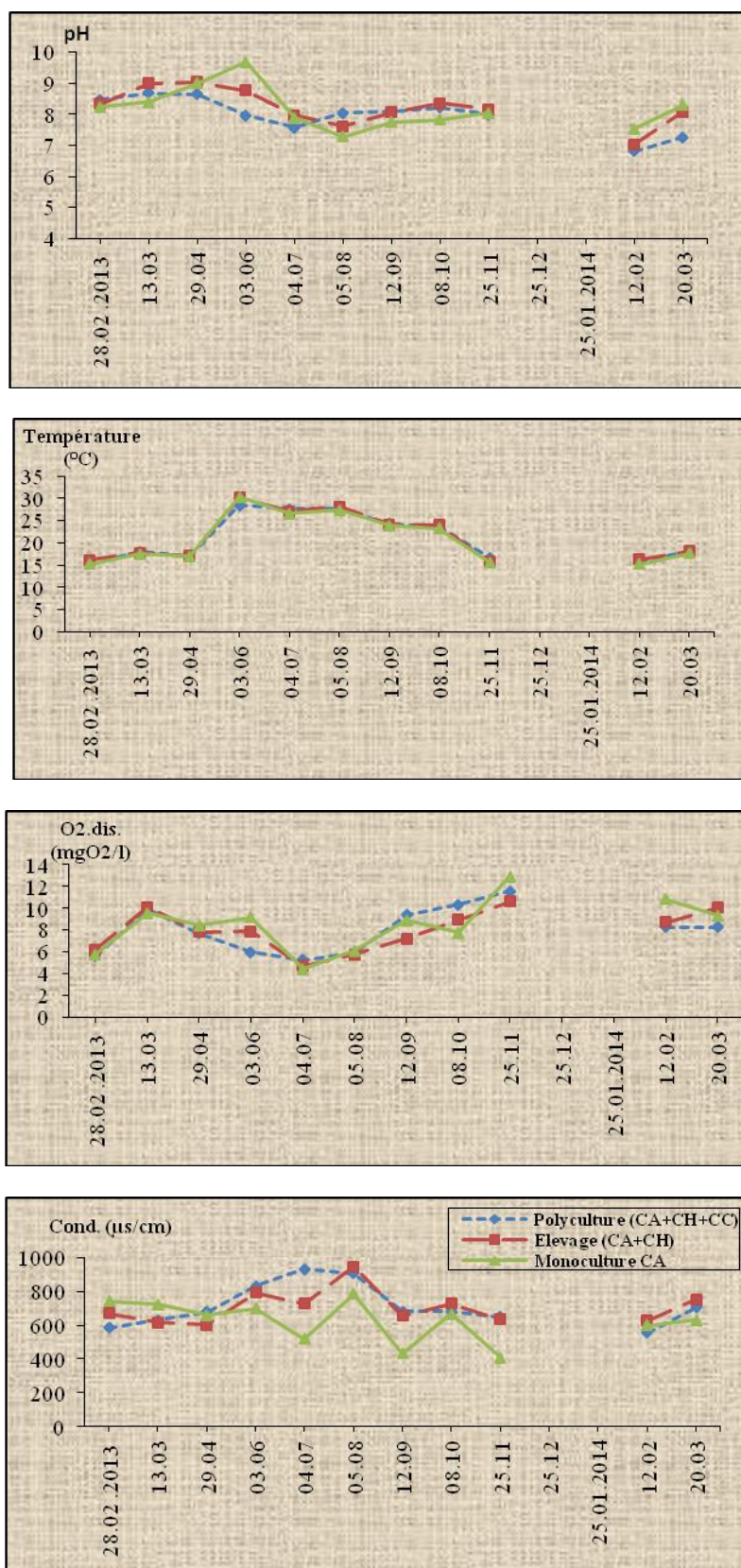
Au niveau des étangs étudiés, les valeurs de pH variant de 6,81 à 8,67 ; de 7,02 à 9,03 et de 7,29 à 9,67 respectivement en polyculture (CA+CH+CC), en élevage (CA+CH) et en monoculture CA. De février à novembre 2013 et pour les trois modes d'élevage, le pH a été basique. Les fortes valeurs ont été enregistrées en mars (8,67 en polyculture (CA+CH+CC)), en avril (9,03 en élevage (CA+CH)) et en juin 2013 (9,67 en monoculture CA). Le pH baisse ensuite durant le reste de la période d'étude. Les variations du pH sont influencées par le phénomène de la photosynthèse, autrement dit, par l'abondance du phytoplancton.

Le long des 11 mois de l'étude, l'évolution mensuelle des températures moyennes de l'eau varie selon des cycles saisonniers pour les trois modes d'élevage et il n'existe pas de variations notables d'un mode d'élevage à l'autre et même d'un étang à l'autre. Les eaux se réchauffent progressivement selon les saisons, pour atteindre un maximum de 28,4 ; 30,2 et 30,37 °C en juin respectivement pour la polyculture (CA+CH+CC), l'élevage (CA+CH) et la monoculture CA.

Les eaux des étangs étudiés sont bien oxygénées. En effet, l'oxygène dissous est compris entre 5,23 et 11,59 mg/l ; 4,68 et 10,6 mg/l ; 4,44 et 12,93 mg/l respectivement en polyculture (CA+CH+CC), en élevage (CA+CH) et en monoculture CA.

La conductivité électrique présente une évolution saisonnière, les résultats obtenus montrent des valeurs qui fluctuent entre 555 et 932 µs/cm ; 602 et 946,67 µs/cm ; 408,33 et 783,33 µs/cm respectivement en polyculture (CA+CH+CC), en élevage (CA+CH) et en monoculture CA. Ces valeurs témoignent d'une minéralisation moyenne à assez forte engendrée par les apports d'eau de puits (dont la conductivité est de 1080 ± 127 µs/cm) chargée en sels dissous.

*Evolution des paramètres physico-chimiques et des communautés planctoniques de l'étang de productions de carpillons*



**Figure 48: Evolution mensuelle des paramètres physiques dans des étangs de production de carpillons en fonction du mode d'élevage.**

Les résultats de l'évolution saisonnière des sels nutritifs (Nitrates, Nitrites et orthophosphates) en fonction du mode d'élevage sont illustrés dans la figure 49.

Les teneurs moyennes en nitrates sont sensiblement importantes et comparable en élevage (CA+CH) et en monoculture CA (elles oscillent respectivement entre 1,2 et 6,97 mg/l et 0,92 à 6,95 mg/l). En polyculture (CA+CH+CC), les teneurs varient de 1,11 à 5,76 mg/l. Les concentrations maximales de  $\text{NO}_3^-$  sont obtenues en mars 2013 et les plus faibles sont enregistrées en juin 2013 dans les étangs en polyculture (CA+CH+CC) et en septembre 2013 dans les étangs en élevage (CA+CH) et en monoculture CA.

L'évolution des teneurs en nitrites fluctuent entre 0,0017 et 0,33 mg/l en polyculture (CA+CH+CC) ; entre 0,0082 et 0,38 mg/l en élevage (CA+CH) et entre 0,014 et 0,44 en monoculture CA. Les teneurs élevées ont été enregistrées en août (0,33 mg/l), en avril (0,38 mg/l) et en juin (0,44 mg/l) respectivement en polyculture (CA+CH+CC), en élevage (CA+CH) et en monoculture CA. Les faibles valeurs sont observées en septembre pour les trois modes d'élevage.

Concernant les orthophosphates, les teneurs observées varient entre 0,048 et 0,61 mg/l ; 0,039 et 0,46 mg/l ; 0,022 et 0,74 mg/l respectivement en polyculture (CA+CH+CC), en élevage (CA+CH) et en monoculture CA. Les fortes concentrations ont été enregistrées en avril et juin 2013 et en février 2014 et les faibles teneurs en novembre 2013 et en mars 2014.

### **3.3 Suivi des communautés planctoniques dans l'étang**

#### **3.3.1 Liste systématique du plancton**

L'analyse de la composition spécifique des échantillons prélevés des différents étangs étudiés nous a permis de répertorier 64 taxons en polyculture (CA+CH+CC), 71 taxons en élevage (CA+CH) et 57 taxons en monoculture CA. D'après la classification proposée par Bourrelly (1970, 1972, 1981), Pourriot et Francez (1986), Amoros (1984) et Dussart (1969), les taxons se répartissent, selon le mode d'élevage, comme suit :

- **En polyculture (CA+CH+CC)** (Tableau 19): huit groupes phytoplanctoniques ont été inventoriés : Chlorococcales, Volvocales, Desmidiacées, Zygnématales, Euglénophycées, Dinophycées, Diatomophycées et Cyanobactéries. Les taxons zooplanctoniques comportent 3 groupes qui sont : Rotifères, Copépodes et Cladocères.

En hiver 2013 et avant la prolifération de *Chara vulgaris* et de la macrophyte *Ceratophyllum submersum*, les étangs ont été caractérisés par la présence d'un bloom de couleur jaunâtre composé spécifiquement de Diatomophycées telles que *Diatoma vulgare*, *Nitzschia dissipata*, *Nitzschia sinuata*, *Nitzschia amphibia*, *Cyclotella bodanica*, *Tabellaria sp.* et *Fragilaria crotonensis*. A ces espèces, s'ajoutent deux Chlorococcales (*Scenedesmus protuberans* et *Coelastrum reticulatum var. reticulatum*), une espèce de Volvocales (*Chlamydomonas sp.*) et deux Cyanobactéries (*Merismopedia punctata* et *Oscillatoria subsalsa*).

Evolution des paramètres physico-chimiques et des communautés planctoniques de l'étang de productions de carpillons

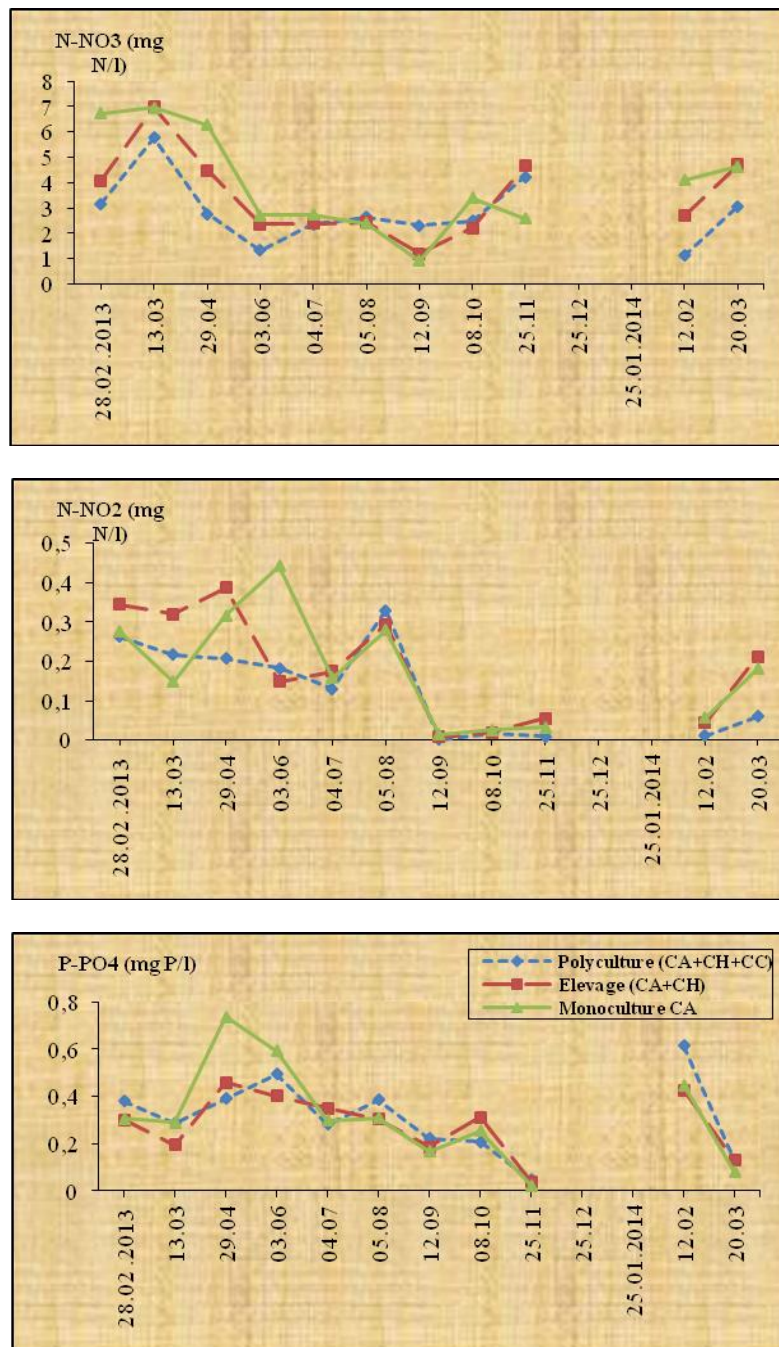


Figure 49: Variation mensuelle des paramètres chimiques dans des étangs de production de carpillons en fonction du mode d'élevage.

Les autres saisons (période s'étalant d'avril 2013 à mars 2014) sont caractérisées par l'apparition d'autres espèces qui se succèdent les unes aux autres selon la richesse du milieu en nutriments. Les Chlorococcales, qui, à l'exception du mois d'avril, sont toujours présentes au sein des étangs en polyculture (CA+CH+CC) et sont notamment dominés par *Scenedesmus protuberans*, *Coelastrum microporum* var. *microporum*, *Coelastrum reticulatum* var. *reticulatum* et *Crucigenia tetrapedia*. Ces Chlorococcales constituent une part importante de la biomasse phytoplanktonique. Nous avons également noté la prolifération de la Desmidiacée

Evolution des paramètres physico-chimiques et des communautés planctoniques de l'étang de productions de carpillons

*Cosmarium binum* en cette période à l'exception du mois d'octobre 2013 et du mois de février 2014.

Les Euglénophycées (*Euglena pisciformis* et *Euglena texta*) et les Dinophycées représentées par *Peridiniopsis elpatiewskyi* et *Peridinium aciculiferum* apparaissent en juillet avec une faible abondance.

Le zooplancton est représenté par des Rotifères avec apparition de *Cephalodella sp.* et *Euchlanis sp.* en février 2013 ; *Lecane lecane* en juillet ; *Asplanchna sp.* et *Notholca squamulaen* août et en novembre ; *Trichocera chattoni* en novembre, des Copépodes (*Cyclops sp.* et *Nauplius*) en avril, juillet et novembre et des Cladocères (*Alona weltneri*) en février 2013 et mars 2014.

Tableau 19: Liste qualitative des espèces planctoniques identifiées dans les étangs de productions de carpillons en polyculture (CA+CH+CC) de février 2013 à mars 2014.

	Polyculture (CA+CH+CC)										
	Fév. 2013	Mars	Avr.	Juin	Juil.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Fév. 2014	Mars
<b>Chlorococcales</b>											
<i>Pediastrum simplex var. sturmii</i>						xx			x		x
<i>Pediastrum tetras</i>							x				
<i>Scenedesmus serratus</i>						xx			x		x
<i>Scenedesmus protuberans</i>	x	x	x	xx	x	xxx	xx	xx	xx	xxx	xxx
<i>Scenedesmus verrucosus</i>							xx				
<i>Scenedesmus acutus</i>										xxx	
<i>Scenedesmus smithii</i>							xx				
<i>Scenedesmus crassus</i>		x		x		xx	xx		x		
<i>Tetraedron minimum</i>		x		x		x			x		
<i>Monographidium griffithii</i>									xxxx	xxx	
<i>Coelastrum microporum var. microporum</i>		x			xxx	xxxx		xxxx	xxx	xx	xx
<i>Coelastrum reticulatum var. reticulatum</i>	x	x				xx	xx	xx	x		xx
<i>Crucigenia tetrapedia</i>					x	xxx	x	xx	xxx	xxx	xxx
<i>Kirchneriella obesa</i>						xx	xx	xx	x		xx
<b>Volvocales</b>											
<i>Chlamydomonas sp</i>	xx										
<b>Desmidiacées</b>											
<i>Closterium aciculare</i>									xxx	xxx	
<i>Cosmarium binum</i>			xx	xx	xx	xx	xxx		x		x
<i>Cosmarium formosulum</i>		x	xx	x			xx				xx
<i>Staurastrum dilatatum</i>							xx				
<i>Staurastrum leptocladum</i>									xx		xx
<i>Staurastrum orbiculare</i>		x	xx	x			xx				xx
<b>Zygnématales</b>											
<i>Spirogyra varians</i>		x		x	x				x		
<i>Spirogyra majuscula</i>		x	xx				x		x	x	xx
<b>Euglenophycées</b>											
<i>Euglena pisciformis</i>					xx	xx		xx	x		
<i>Euglena texta</i>					xx	x			xx		
<i>Euglena deses var. tenuis</i>						x		xx			x
<i>Phacus orbicularis</i>		x									
<b>Dinophycées</b>											
<i>Peridiniopsis elpatiewskii</i>				x	xx	xx	xx	xx	x		
<i>Peridinium aciculiferum</i>					xx	x	x	x	xx		
<b>Diatomophycées</b>											
<i>Amphora ovalis</i>	x										



*Evolution des paramètres physico-chimiques et des communautés planctoniques de l'étang de productions de carpillons*

<i>Navicula cryptocephala</i>	x										
<i>Navicula cuspidata</i>	x										
<i>Cymbella turgidula</i>	x	x	xx	xx							xx
<i>Cyclotella bodanica</i>		xx						x			
<i>Gomphonima intricatum</i>			xx								
<i>Diatoma vulgare</i>	xx										
<i>Fragilaria crotonensis</i>	xx	x									x
<i>Tabellaria sp</i>	xxx							xx	xxx		
<i>Nitzschia dissipata</i>	x								xx		
<i>Nitzschia sinuata</i>	xx										
<i>Nitzschia acicularis</i>	xx										
<i>Nitzschia linearis</i>		x			x						
<i>Nitzschia hungarica</i>	x									x	
<i>Nitzschia amphibia</i>	xx	x	xx	xx							
<i>Gyrosigma attenuatum</i>											x
<b>Cyanobactéries</b>											
<i>Merismopedia punctata</i>	xx					xxx	xx	xx	xx	xx	
<i>Merismopedia convoluta</i>									xx		
<i>Nostoc parmelioides</i>		x									
<i>Lyngbya bergei</i>									x		
<i>Lyngbya spirulinoides</i>									x		
<i>Phormidium tenue</i>						xx					xx
<i>Oscillatoria tenuis</i>						xx					
<i>Oscillatoria subsalsa</i>	xx										
<i>Oscillatoria anguinis</i>									x		
<b>Rotifères</b>											
<i>Lecane lecane</i>					xx						
<i>Notholca caudata</i>									x		
<i>Notholca squamula</i>						x					
<i>Asplanchna sp</i>						xx			x		
<i>Cephalodella sp.</i>	xx										
<i>Euchlanis sp.</i>	x										
<i>Trichocera chattoni</i>									x		xx
<b>Copépodes</b>											
<i>Cyclops sp</i>			xx		xx				x		
<i>Nauplius</i>					xx						
<b>Cladocères</b>											
<i>Alona welmerl</i>	x										x

- **En élevage (CA+CH)** (Tableau 20): huit groupes phytoplanctoniques ont été répertoriés représentés par 62 taxons : 18 Chlorococcales, 1 Volvocale, 7 Desmidiacées, 2 Zygnématales, 3 Euglénophycées, 2 Dinophycées, 18 Diatomophycées et 11 Cyanobactéries. Les taxons zooplanctoniques identifiées sont composés de 6 Rotifères, 2 Copépodes et 1 Cladocère.

En hiver 2013, les étangs de ce mode d'élevage, sont également caractérisés par l'apparition d'un bloom phytoplanctonique de couleur jaune constitué principalement de Diatomophycées représentées surtout par *Navicula cuspidata*, *Cymbella turgidula*, *Nitzschia amphibia*, *Nitzschia dissipata* et *Fragilaria crotonensis*. Le reste de la période d'étude est caractérisé par la présence d'une communauté phytoplanctonique bien diversifiée ; les Chlorococcales dominées par *Pediastrum simplex var. sturmii*, *Pediastrum boryanum var. typicum*, *Scenedesmus protuberans*, *Coelastrum reticulatum var. reticulatum* et *Coelastrum*

Evolution des paramètres physico-chimiques et des communautés planctoniques de l'étang de productions de carpillons

*microporum* var. *microporum*, les Desmidiacées par *Cosmarium binum*, les Dinophycées par *Peridiniopsis elpatiewskyi*, les Diatomophycées par *Nitzschia amphibia* et les Cyanobactéries par *Merismopedia punctata* et *Phormidium tenue*.

Les taxons zooplanctoniques ont été représentés par les Rotifères tels que *Asplanchna* sp., *Notholca caudata*, *Synchaeta oblonga*, *Trichocera rousselti*, *Cephalodella* sp. et *Trichocera chattoni*, aussi par des Copépodes (*Cyclops* sp. et *Nauplius*) et le Cladocère *Alona weltneri*.

Tableau 20: Liste qualitative des espèces planctoniques identifiées dans les étangs de productions de carpillons en élevage (CA+CH) de février 2013 à mars 2014.

	Elevage (CA+CH)										
	Fév. 2013	Mars	Avr.	Juin	Juil.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Fév. 2014	Mars
<b>Chlorococcales</b>											
<i>Pediastrum simplex</i> var. <i>sturmii</i>		x		x	xx	xx	xx	x	x	x	xx
<i>Pediastrum boryanum</i> var. <i>typicum</i>		x		x	xx	xx	xx	x	xx		x
<i>Pediastrum tetras</i>					xx			x	x		x
<i>Pediastrum angulosum</i>					xx			x	x		x
<i>Pediastrum integrum</i>					xx						x
<i>Scenedesmus serratus</i>		x			x	xx		xx	xx		
<i>Scenedesmus protuberans</i>	x	x	x	x	xx	xx	xx	xx	xx	xxx	xx
<i>Scenedesmus verrucosus</i>					xx	xxx	xx		x		
<i>Scenedesmus acutus</i>						xxx		x		xxx	
<i>Scenedesmus smithii</i>					xx	xxx	x		x		
<i>Scenedesmus crassus</i>		x				xx		x			
<i>Tetraedron caudatum</i>				x					x		
<i>Tetraedron minimum</i>		x									x
<i>Monographidium griffithii</i>										xxx	
<i>Monographidium contortum</i>						xx					
<i>Coelastrum microporum</i> var. <i>microporum</i>	x	xx		x	xxx	xx		xx	xx		xx
<i>Coelastrum reticulatum</i> var. <i>reticulatum</i>	x		xxx	x	xx	x			xx	x	x
<i>Kirchneriella obesa</i>					x	xx	xx	xx	xx		
<b>Volvocales</b>											
<i>Chlamydomonas</i> sp										xxx	
<b>Desmidiacées</b>											
<i>Closterium</i> species				x							
<i>Closterium elegans</i>											x
<i>Closterium aciculare</i>		xx							xx	xxx	
<i>Cosmarium binum</i>				xx	xx	xxx	xx	xx	xx		
<i>Cosmarium formosulum</i>			x	x	x						
<i>Staurastrum leptocladum</i>											x
<i>Staurastrum orbiculare</i>		x	xx		xx	xx		x			x
<b>Zygnématales</b>											
<i>spirogyra varians</i>		x	x	x					x		x
<i>Spirogyra majuscula</i>		x	x	x						xx	x
<b>Euglenophycées</b>											
<i>Euglena pisciformis</i>		xx			x						
<i>Euglena texta</i>		x			x		xx		x		
<i>Euglena deses</i> var. <i>tenuis</i>				x		xx		x			
<b>Dinophycées</b>											
<i>Peridiniopsis elpatiewskii</i>				x		xx	xx	xx	x		x
<i>Peridinium aciculiferum</i>								x			
<b>Diatomophycées</b>											
<i>Amphora ovalis</i>	x				x				x		x

*Evolution des paramètres physico-chimiques et des communautés planctoniques de l'étang de productions de carpillons*

Navicula confervacea	x										
Navicula cryptocephala	x										
Navicula crucicula	x										
Navicula cuspidata	xx			x				x			
Navicula veneta				x				xx	xx	x	
Cocconeis placentula				x							
Cymbella aspera	x										
Cymbella turgidula	xx	x		x							
Cyclotella bodanica		x									
Diatoma vulgare	x		xx								
Gomphonima intricatum		x	xx	xx							
Tabellaria sp										xxx	
Fragilaria crotonensis	x	x		x						xx	
Nitzschia dissipata	x	x		x		xxx			xx		
Nitzschia linearis											xx
Nitzschia amphibia	xx	x		x		xxx	xxx	xx	xx	xx	x
Gyrosigma attenuatum									x		
<b>Cyanobactéries</b>											
Merismopedia punctata	xx					xxx	xx	xx	x	x	x
Merismopedia convoluta					xx	xx		xx	xx		
Merismopedia geminata									x		
Merismopedia elegans						xx		x	x		
Chroococcus turgidis						xx			x		x
Microcystis viridis					xx			xx			
Nostoc sp						xx					
Lyngbya spirilinoïdes									xx		xx
Phormidium tenue				x	xx	xx	xx	xx			xx
Oscillatoria tenuis									x		
Oscillatoria sebaldi					x						
<b>Rotifères</b>											
Notholca caudata									x		
Asplanchna sp	x				x						
Synchaeta oblonga									x		
Cephalodella sp.											xx
Trichocera rousseleti						xx					
Trichocera chattoni										x	
<b>Copépodes</b>											
Cyclops sp			x			x					
Nauplius				x	xx				x		x
<b>Cladocères</b>											
Alona weltneri		x									x

- **En monoculture CA** (Tableau 21): sept groupes phytoplanctoniques ont été identifiés ; 15 Chlorococcales, 6 Desmidiacées, 2 Zygnématales, 3 Euglénophycées, 2 Dinophycées, 14 Diatomophycées et 10 Cyanobactéries. Les taxons zooplanctoniques identifiées sont composés de 3 Rotifères, 1 Copépode et 1 Cladocère.

Ce mode d'élevage a été aussi marqué, en hiver 2013, par l'apparition d'un bloom phytoplanctonique, au niveau des étangs étudiés (D9, D10 et D12), composé principalement de Diatomophycées dont les plus abondantes sont *Cymbella turgidula*, *Gomphonema intricatum*, *Nitzschia amphibia* et *Nitzschia dissipata*. Le reste de la période de suivi est dominé par les Chlorococcales (*Scenedesmus*

Evolution des paramètres physico-chimiques et des communautés planctoniques de l'étang de productions de carpillons

*verrucosus* et *Scenedesmus smithii*) entre juillet et novembre et *Coelastrum microporum* var. *microporum* de juin 2013 à mars 2014.

Tableau 21: Liste qualitative des espèces planctoniques identifiées dans les étangs de productions de carpillons en monoculture (CA) de février 2013 à mars 2014.

	Monoculture CA										
	Fév. 2013	Mars	Avr.	Juin	Juil.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Fév. 2014	Mars
<b>Chlorococcales</b>											
<i>Pediastrum simplex</i> var. <i>sturmii</i>		x			x	xx		xx	x		x
<i>Pediastrum boryanum</i> var. <i>typicum</i>			X		xx	x		x	x		x
<i>Pediastrum tetras</i>					x			x			
<i>Pediastrum angulosum</i>					x				x		
<i>Scenedesmus serratus</i>				x	xx			x	xx		x
<i>Scenedesmus protuberans</i>	x	x	X	x	x	xx	xx	x	x	x	x
<i>Scenedesmus verrucosus</i>					x	xx	xxx	xxx	x		
<i>Scenedesmus acutus</i>						xx		x			
<i>Scenedesmus smithii</i>					x	xxx	xxx	xxx	x		
<i>Scenedesmus crassus</i>						x				xx	
<i>Tetraedron minimum</i>				x	x				xx		x
<i>Coelastrum microporum</i> var. <i>microporum</i>	xx			x	xxx	xxx	x	xxx	xx	x	x
<i>Coelastrum reticulatum</i> var. <i>reticulatum</i>	xx			xx	xx			x			xx
<i>Crucigenia tetrapedia</i>									x		
<i>Kirchneriella obesa</i>						xx		x		x	
<b>Desmidiacées</b>											
<i>Cosmarium binum</i>			x	x	xx	xx	xxx	x	xx		x
<i>Cosmarium formosulum</i>							xx				xx
<i>Staurastrum dilatatum</i>							xxx		x		xxx
<i>Staurastrum bibrarianum</i>						xx		xx			
<i>Staurastrum leptocladum</i>							x				
<i>Staurastrum orbiculare</i>			xx	x	xx	xx	xxx	xx	x		xx
<b>Zygnématales</b>											
<i>spirogyra varians</i>			xxx	x	xx						
<i>Spirogyra majuscula</i>			xxx			xx			xx	xxx	xxx
<b>Euglenophycées</b>											
<i>Euglena pisciformis</i>					xx	xx					
<i>Euglena texta</i>				x	xx	xx					
<i>Euglena deses</i> var. <i>tenuis</i>					xx	x		x			x
<b>Dinophycées</b>											
<i>Peridiniopsis elpatiewskii</i>				x	xx	xxx		xx	x		
<i>Peridinium aciculiferum</i>								xx			
<b>Diatomophycées</b>											
<i>Amphora ovalis</i>								x			
<i>Navicula confervacea</i>	x										
<i>Navicula cuspidata</i>		x							x		
<i>Navicula veneta</i>		x			xx				xxxx		x
<i>Cymbella turgidulla</i>	xx	x						x			x
<i>Cyclotella bodanica</i>									xxx		
<i>Diatoma vulgare</i>	x		xxx								
<i>Gomphonima intricatum</i>	xx	x	xx								
<i>Fragilaria crotonensis</i>	x										
<i>Tabellaria</i> sp							xx		x		
<i>Nitzschia dissipata</i>	xx						x		x		
<i>Nitzschia linearis</i>		x			x				xx		x
<i>Nitzschia amphibia</i>	xx	x	xx		xx			xx	x		x
<i>Gyrosigma attenuatum</i>		x			x						
<b>Cyanobactéries</b>											
<i>Merismopedia punctata</i>	x			x		xx	xx		x		x

*Evolution des paramètres physico-chimiques et des communautés planctoniques de l'étang de productions de carpillons*

Merismopedia convoluta	x				x		xx	x	x		
Merismopedia geminata				x	x	xx					
Chroococcus turgidis	x					x	xx		x		x
Microcystis viridis	x					xx		x			
Nostoc sp					x	xx					
Lyngbya spirulinoides									x		x
Phormidium tenue		x		x	xx	xx	x	xx			
Oscillatoria tenuis					xx			x			
Oscillatoria anguinis									x		
<b>Rotifères</b>											
Notholca caudata				x					x		
Lecane monostyla				x		xx					
Ascomorpha ovalis								xx			
<b>Copépodes</b>											
Nauplius					xx	x			x		x
<b>Cladocères</b>											
Alona weltneri											x

xxxx : dominant, xxx : abondance moyenne, xx : faible abondance, x : très faible abondance.

### 3.3.2 Structure des peuplements

#### 3.3.2.1 Polyculture (CA+CH+CC)

Au cours de cette période et en ce mode d'élevage, la densité phytoplanctonique a oscillé entre un minimum de  $5,1.10^3$  cellules, filaments et colonies/l, enregistrée le 13 mars 2013 et un maximum de  $2,2.10^5$  cellules, filaments et colonies/l, observé le 08 octobre 2013. La densité maximale est indéniablement liée au développement des Chlorococcales avec  $1,92.10^5$  cellules, filaments et colonies/l ; la Chlorococcale *Coelastrum microporum var. microporum* constitue à elle seule 80% de la densité totale de ce groupe (figure 50).

De février à avril 2013, ce sont les Diatomophycées qui forment l'essentiel des algues présentes dans l'étang avec une densité de l'ordre de  $2,3.10^4$  cellules, filaments et colonies/l enregistrée en février (avec  $1,2.10^4$  colonnies/l de *Tabellaria sp*);  $1,6.10^3$  cellules, filaments et colonies/l enregistrée en mars (principalement *Nitzschia amphibia* avec une abondance de  $1,2.10^3$  individus/l) et  $3,8.10^4$  cellules, filaments et colonies/l enregistrée en avril (avec  $3.10^4$  individus/l de *Gomphonema intricatum*).

En juillet, les Cyanobactéries (surtout *Oscillatoria tenuis*) dominent dans le milieu avec une abondance de l'ordre de  $8,4.10^4$  cellules, filaments et colonies/l et restent présentes dans les étangs d'août 2013 à mars 2014 mais à des faibles densités. Pendant cette période, ce sont les Chlorococcales qui forment l'essentiel des groupes présents, avec une codominance de *Coelastrum microporum var. microporum* et de *Scenedesmus protuberans*.

Evolution des paramètres physico-chimiques et des communautés planctoniques de l'étang de productions de carpillons

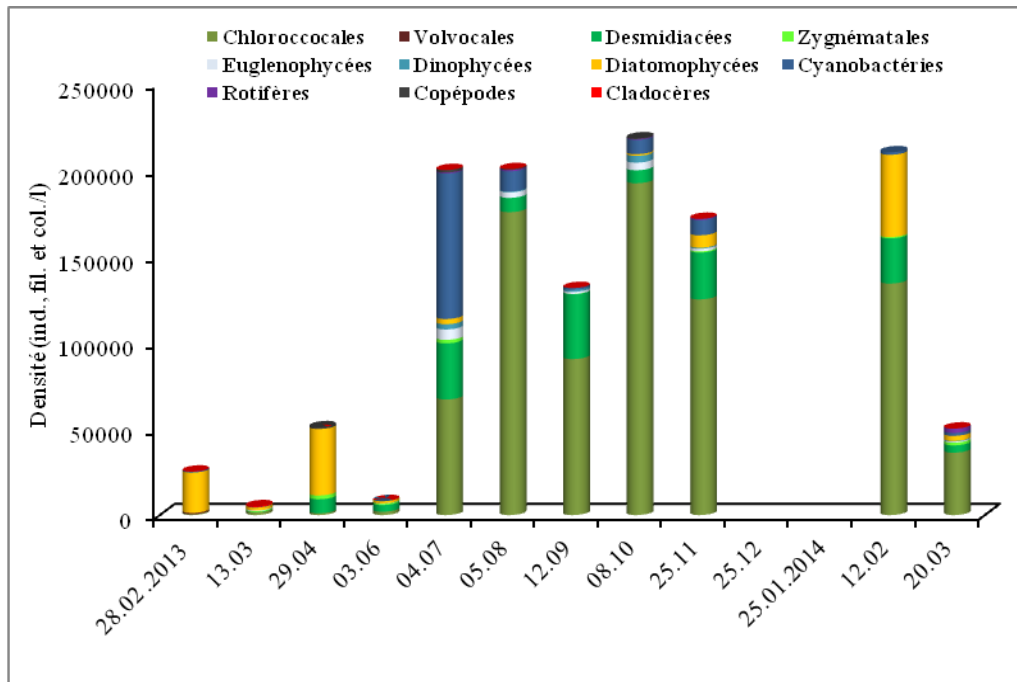


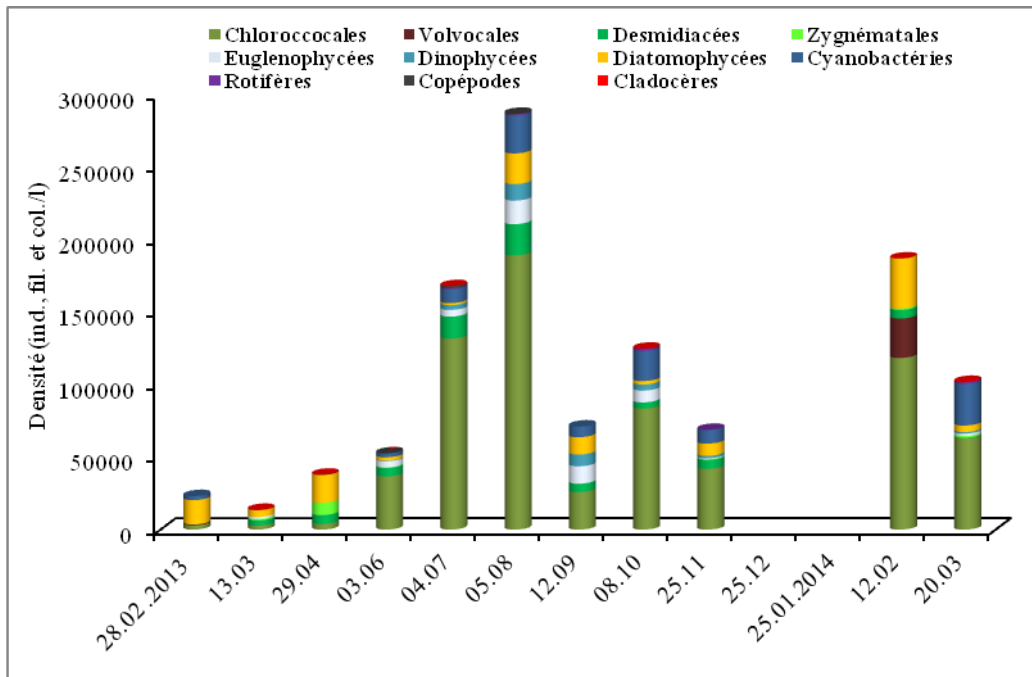
Figure 50 : Variation mensuelle de la densité planctonique moyenne en polyculture (CA+CH+CC).

### 3.3.2.2 Elevage (CA+CH)

Durant les trois premiers mois de la période étudiée, une faible abondance des communautés phytoplanctoniques a été enregistrée liée en premier lieu au développement de la macrophyte *Ceratophyllum submersum* et de la characée *Chara vulgaris* au fond des étangs. Ce peuplement phytoplanctonique est quantitativement dominé par les Diatomophycées, avec une densité de  $1,68 \cdot 10^4$  cellules, filaments et colonies/l en février ; de  $4,69 \cdot 10^3$  cellules, filaments et colonies/l en mars et de  $1,92 \cdot 10^4$  cellules, filaments et colonies/l en avril (figure 51).

La densité maximale du phytoplancton est observée en août avec  $2,87 \cdot 10^5$  cellules, filaments et colonies/l. La structure de la communauté phytoplanctonique en ce mois est marquée par une densité de  $1,89 \cdot 10^5$  cellules, filaments et colonies/l de Chlorococcales ;  $2,6 \cdot 10^4$  cellules, filaments et colonies/l de Cyanobactéries ;  $2,15 \cdot 10^4$  cellules, filaments et colonies/l de Desmidiacées ;  $2,11 \cdot 10^4$  cellules, filaments et colonies/l de Diatomophycées ;  $1,62 \cdot 10^4$  cellules, filaments et colonies/l d'Euglénophycées et  $1,14 \cdot 10^4$  cellules, filaments et colonies/l de Dinophycées.

*Evolution des paramètres physico-chimiques et des communautés planctoniques de l'étang de productions de carpillons*



**Figure 51: Variation mensuelle de la densité planctonique moyenne en élevage (CA+CH).**

**3.3.2.3 Monoculture CA**

L'étude de la structure des communautés phytoplanctoniques répertoriées le long de la période d'étude (figure 52), a montré d'une part, une faible densité en phytoplancton enregistrée durant la période s'étalant de février à avril 2013, ce qui pourrait être lié au développement excessif de la macrophyte *Ceratophyllum submersum* et de *Chara vulgaris* qui puisent les éléments nutritifs nécessaires au développement du phytoplancton. Cette période est marquée par la dominance des Diatomophycées surtout *Gomphonema intricatum* et *Nitzschia amphibia* qui se trouve fixer aux macrophytes déjà citées (ce sont donc des algues benthiques).

D'autre part, et contrairement à ce qui a été trouvé au niveau des étangs de la polyculture (CA+CH+CC) et de l'élevage (CA+CH), ce mode d'élevage est marquée par la dominance des Desmidiacées d'août à novembre 2013 et en mars 2014 (principalement l'espèce *Cosmarium binum*). Les densités enregistrées sont de  $8,17 \cdot 10^4$  en août ;  $8,46 \cdot 10^4$  en septembre ;  $1,5 \cdot 10^5$  en octobre ;  $6,79 \cdot 10^4$  en novembre et  $5 \cdot 10^4$  cellules, filaments et colonies/l en mars 2014.

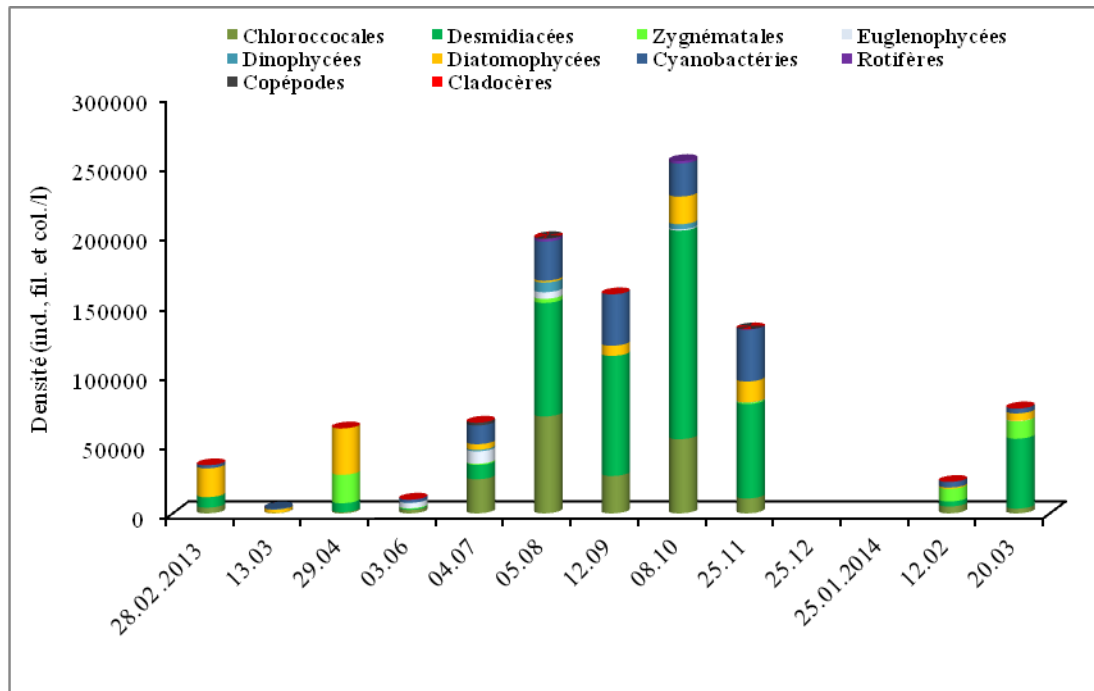


Figure 52: Variation mensuelle de la densité planctonique moyenne en monoculture (CA).

#### 4. Discussion

##### ▪ Paramètres physico-chimiques

Les valeurs du pH les plus élevées ont été observées pendant les premiers mois de l'étude ; cette élévation est due à une augmentation de l'activité photosynthétique. La consommation du CO<sub>2</sub> dissous par les végétaux aquatiques présents : *Ceratophyllum submersum*, *Chara vulgaris* et algues filamenteuses (*Spirogyra majuscula*) déplace l'équilibre calco-carbonique qui tend à diminuer la concentration en ions H<sup>+</sup> et provoque l'augmentation du pH. Lefèvre (1941) rapporte que toutes les plantes submergées agissent en outre sur la teneur de l'eau en gaz dissous : elles absorbent, de jour, le gaz carbonique et libèrent de l'oxygène, favorisant ainsi la respiration et, par suite, l'activité des animaux aquatiques et que cette modification de la teneur des eaux en gaz carbonique a une répercussion immédiate sur le pH qui, en été, peut passer par exemple de 7,2 à 6 h à 9,2 à 18 h. Ainsi, les Ecologistes de l'Euzière (1986) rapportent que, les valeurs du pH sont proportionnelles à celles de l'oxygène dissous. Plus le milieu est oxygéné, plus l'eau est basique.

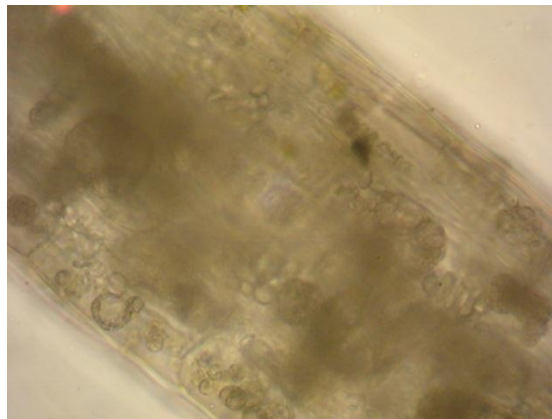
Selon Dussart (1966), le pH de l'eau est un bon indicateur de l'activité photosynthétique. La forte valeur du pH enregistrée en juin 2013 pour la monoculture CA, est liée à l'augmentation de la température durant ce mois, ce qui provoque une activité photosynthétique intense. Les poissons d'élevage, en particulier les alevins, sont adaptés à une valeur moyenne de pH et supportent mal les fortes et brusques variations de celui-ci (Huet, 1970).

La température est aussi un facteur environnemental important pour la vie aquatique contrôlant ainsi l'ensemble des processus biologiques (reproduction, croissance, ...) liés à un



environnement donné (Aminot 1983). La variation saisonnière de la température enregistrée est expliquée par l'absorption des radiations lumineuses qui constitue le principal facteur de réchauffement des eaux (Leveque, 1996). L'élévation de la température de l'eau rend le poisson plus actif, entraînant une augmentation de sa consommation d'aliments et ainsi d'oxygène. En même temps que la demande en oxygène du poisson augmente, l'élévation de la température diminue la solubilité de l'oxygène dans l'eau. L'effet combiné de ces deux facteurs peut entraîner un stress au poisson en présence d'un apport en oxygène insuffisant.

L'oxygène dissous est un paramètre intermédiaire indispensable entre les composantes minérales et organiques dans les milieux lacustres (Dussart 1992). Les concentrations en oxygène dissous enregistrées varient de manière saisonnière, ces variations se présentent en relation avec plusieurs facteurs, telles que la pression partielle en oxygène de l'atmosphère, la température de l'eau, la salinité, la pénétration de la lumière, l'agitation de l'eau et la disponibilité en nutriments. Cette concentration en oxygène dissous est également fonction de la vitesse d'appauvrissement du milieu en oxygène par l'activité des organismes aquatiques et les processus d'oxydation et de décomposition de la matière organique présente dans l'eau. Les valeurs élevées en oxygène dissous enregistrées en novembre 2013 respectivement en polyculture (CA+CH+CC) (11,59 mg/l), en élevage (CA+CH) (10,6 mg/l) et en monoculture CA (12,93 mg/l) indiquent une activité photosynthétique intense. En ce dernier mode d'élevage, la forte teneur moyenne en oxygène dissous est fortement liée à l'activité photosynthétique de *Ceratophyllum submersum*, de *Chara vulgaris* (photo 21) et des algues filamenteuses (*Spirogyra majuscula*) (photo 22) présentes dans les trois étangs D9, D10 et D12. Pour la polyculture (CA+CH+CC) et l'élevage (CA+CH) les teneurs élevées en oxygène dissous sont dues probablement à l'activité photosynthétique du phytoplancton où les densités moyennes enregistrées sont respectivement de  $1,7 \cdot 10^5$  et  $6,9 \cdot 10^4$  cell., fil. et col./l en novembre 2013.



*Photo 21: Chara vulgaris*

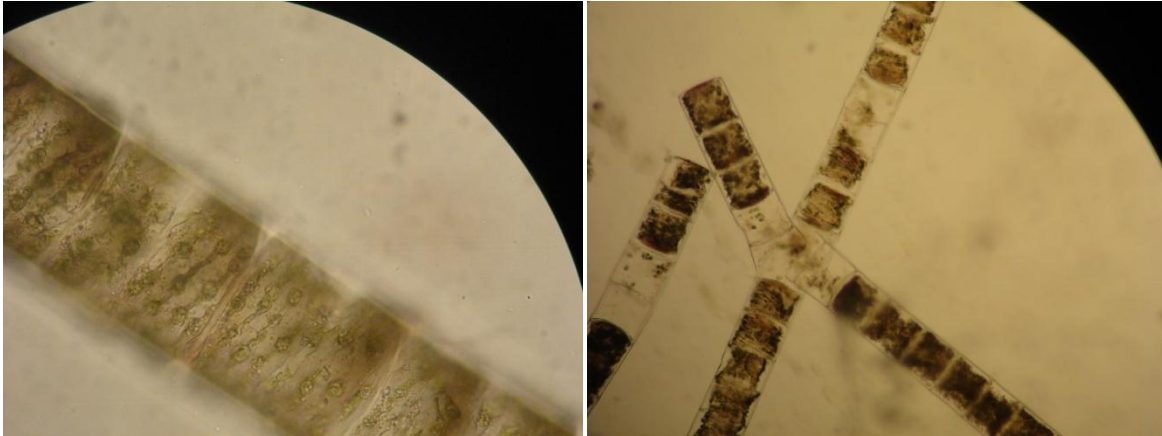


Photo 22: *Spirogyra majuscula*

Les teneurs maximales de la conductivité électrique enregistrées en période estivale (932  $\mu\text{s}/\text{cm}$  en juillet 2013) en polyculture (CA+CH+CC), et en août 2013 (946,67 et 783,33  $\mu\text{s}/\text{cm}$  respectivement en élevage (CA+CH) et en monoculture CA) sont liées à l'eau de puits apportée pour compenser les pertes dues à l'évaporation et à l'infiltration.

L'azote est l'un des constituants essentiels de la matière organique et entre dans la composition des protéines cellulaires. Les fortes teneurs en nitrates enregistrées en mars 2013, pour les trois modes d'élevage, semble être liées aux apports d'eau de puits ( $7,147 \pm 0,66$  mg/l). L'activité photosynthétique semble diminuée, en effet, les densités phytoplanctoniques enregistrées en ce mois ont été seulement de  $5,1 \cdot 10^3$  cell., fil et col/l (en polyculture (CA+CH+CC)) ;  $1,3 \cdot 10^4$  cell., fil et col/l (en élevage (CA+CH) et  $3,5 \cdot 10^3$  ind., fil et col/l en monoculture CA. Labroue et al. (1995) ont rapporté que les apports en azote en milieux lacustres sont liés aux précipitations, aux eaux de surface ou souterraines affluentes et à la fixation biologique par les micro-organismes procaryotes. Les faibles teneurs enregistrées en période estivale (1,11 mg/l en juin 2013 en polyculture (CA+CH+CC) ; 1,2 et 0,92 mg/l en septembre 2013 respectivement en élevage (CA+CH) et en monoculture CA), sont fortement liées à l'activité photosynthétique de *Chara vulgaris* et *Ceratophyllum submersum* présents dans les étangs étudiés même durant la période estivale. Ces résultats sont en accord avec ceux trouvés par Lefèvre (1941) qui rapporte que les plantes submergées peuvent avoir une réelle influence sur la composition chimique de l'eau. En effet, certaines d'entre elles (*Myriophyllum*, *Ceratophyllum*, *Elodea*) peuvent vivre fort longtemps déracinées. Elles se nourrissent alors exclusivement par osmose, absorbant directement les sels minéraux ou organiques dissous. Polan et al. (1998) ; Yon (2004) ; El Haouati et al. (2013) ont aussi montré que les faibles concentrations en nitrates qui se rencontrent durant la période estivale, sont dues à leurs utilisations par les végétaux aquatiques au cours de la photosynthèse.

Les teneurs élevées en nitrites enregistrées au printemps et en été pour les trois modes d'élevage, pourraient être expliquées probablement par la réduction d'une partie de  $\text{NO}_3^-$  en  $\text{NO}_2^-$  (l'autre partie est utilisée pour le développement des macrophytes), les nitrates jouent dans ce cas le rôle de donneur d'oxygène et évite l'anaérobie. Les teneurs élevées en orthophosphates relevées le 29 avril, en juin 2013 et en février 2014 sont probablement liées à

l'apport d'eau aux étangs qui entraîne une remise en suspension des sédiments et une minéralisation partielle de la matière organique qui s'accompagne d'une libération du phosphore lié aux hydroxydes de fer (Boers, 1986 ; Comeau et al., 1987 ; Tam et al., 1992), ce qui provoque un relargage du phosphore par les sédiments (Kassila, 2000, Oukhchine et Zagani, 2000 ; Hasnaoui, 2001 ; Hasnaoui et al., 2002b ; El Moata, 2005). Les faibles concentrations en orthophosphates enregistrées (inférieures aux concentrations optimales conseillées : 0,2-0,5 mg PO<sub>4</sub>/l) sont liées à l'intensité du flux de matière et d'énergie qui circule au sein du réseau trophique (Barbe et al., 1991 ; Hasnaoui et al., 2007).

▪ **Paramètres biologiques**

Pour les trois modes d'élevage, la période d'étude est caractérisée par la présence des peuplements phytoplanctoniques qui se succèdent les uns aux autres parallèlement à l'enrichissement du milieu en éléments dissous. Ceci est également montré par Wurtz (1958), Barbe et al. (1991), Hasnaoui (2002b).

En polyculture (CA+CH+CC) : De février à juin 2013, il a été enregistré une faible densité algale liée fortement à l'épuisement des nutriments par la prolifération de *Ceratophyllum submersum* et *Chara vulgaris* au niveau des étangs de la polyculture (CA+CH+CC).

A partir de juillet 2013, la biomasse phytoplanctonique augmente au cours du temps, les densités ont atteint 2,18.10<sup>5</sup> cellules, filaments et colonies/l en octobre 2013, consécutives à des phases de multiplication intense des Chlorococcales, qui coïncident avec des températures élevées ainsi qu'à la disparition progressive des macrophytes suite à leur consommation par la carpe herbivore. Galveston Bay Foundation (2002) rapporte qu'à 20°C, une carpe herbivore consomme environ 50% de son poids vif en plantes.

En élevage (CA+CH) : La faible abondance du phytoplancton en février, mars et avril 2013 est particulièrement liée à la prolifération des *Chara vulgaris* et *Ceratophyllum submersum* au niveau des étangs étudiés. Maberly et Spenceb (1983) ont montré que l'activité photosynthétique est favorisée chez certains macrophytes (*Ceratophyllum demersum*, *Elodea canadensis*, *Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton crispus*, *P. lucens*, etc.) ayant la capacité d'utiliser, dans certaines conditions d'alcalinité et de pH, outre le CO<sub>2</sub> dissous, les ions bicarbonates HCO<sub>3</sub>.

De juin 2013 à mars 2014 et après la diminution des quantités de macrophytes au niveau des étangs étudiés, les Chlorococcales ont augmenté notablement par rapport à ces algues. Nous avons répertoriés le long de cette période d'étude des Cyanobactéries, des Euglénophycées, des Diatomophycées, des Dinophycées et des Desmidiacées (figure 51). Les densités les plus élevées de Chlorococcales ont été enregistrées en juillet et en août, elles sont respectivement de 1,32.10<sup>5</sup> et 1,89.10<sup>5</sup> cellules, filaments et colonies/l. *Coelastrum microporum* var. *microporum* et *Coelastrum reticulatum* var. *reticulatum* ont été les espèces dominantes au cours de ces deux mois. C'est justement au cours de cette période (juin 2013 à mars 2014) où nous avons enregistré une augmentation progressive de la température accompagnée avec une assimilation des nitrates et orthophosphates. Whitton (1970) a montré que l'augmentation de

la température favorise considérablement la production de la biomasse algale telles que les Cyanobactéries et les Chlorophycées.

En monoculture CA : La dominance des Desmidiacées principalement *Cosmarium binum* est accompagnée de la prolifération du *Chara vulgaris*, *Ceratophyllum submersum* et *Spirogyra majuscula*. A signaler que par observation au microscope de *Chara vulgaris* et de *Ceratophyllum submersum*, nous avons remarqué qu'un grand nombre de *Cosmarium binum* est fixé à ces macrophytes.

Une quinzaine d'espèces de Chlorococcales sont présentes dans les étangs étudiés durant toute la période d'étude avec principalement *Coelastrum microporum* var. *microporum*, *Coelastrum reticulatum* var. *reticulatum* et *Scenedesmus protuberans*. Malgré le développement des macrophytes au fond des étangs, ces microzones étudiées sont favorables au développement d'une végétation très variée de phytoplancton où on y rencontre aussi des Cyanobactéries (*Merismopedia punctata*, *Merismopedia convoluta* et *Chroococcus turgidus*) et des Diatomophycées surtout *Nitzschia amphibia*, *Navicula veneta* et *Cymbella turgidula*. Les autres groupes, rassemblant les Euglénophycées et les Dinophycées ont présenté de faibles densités.

## 5. Conclusion

L'étude des variations spatio-temporelles des paramètres physico-chimiques et biologiques de l'eau des étangs étudiés en trois modes d'élevage montre une certaine variabilité entre les étangs d'alevinage en polyculture ; ((CA+CH+CC) et (CA+CH)) et les étangs d'alevinage en monoculture (CA) durant toute la période d'étude.

L'association de plusieurs espèces de carpe dans un étang d'alevinage en climat semi-aride a un effet bénéfique sur la structure des communautés phytoplanctoniques puisque chaque espèce agit à un niveau différent du réseau trophique. Ainsi les espèces de carpe présentes exploitent au maximum les ressources du milieu (le phytoplancton par la carpe argentée, les macrophytes par la carpe herbivore, la nourriture benthique par la carpe commune).

Au niveau des étangs de pisciculture de la Deroua et en raison du vieillissement des étangs, la prolifération de *Chara vulgaris* et *Ceratophyllum submersum* et d'algues filamenteuses (*Spirogyra majuscula*) a été limitée au niveau des étangs d'alevinage en polyculture, ce qui entraîne une augmentation de la densité algale avec une succession phytoplanctonique classique marquée par la dominance des Chlorococcales. Alors qu'en monoculture CA, le développement des macrophytes persiste durant toute la période d'étude et engendre une communauté phytoplanctonique dominée par la Desmidiacée *Cosmarium binum*.

# Chapitre 2

---

## Variabilité saisonnière du poids et de la taille des trois espèces de carpes en fonction du mode d'élevage

1. INTRODUCTION
2. MATERIEL ET METHODES
  - 2.1 Echantillonnage biologique
  - 2.2 Méthodes statistiques
3. RESULTATS ET DISCUSSIONS
  - 3.1 Caractéristiques des trois modes d'élevage
  - 3.2 Evolution de la croissance des trois espèces de carpes en fonction du mode d'élevage
  - 3.3 Relation poids-longueur
  - 3.4 Facteur de condition
4. CONCLUSION

## **Chapitre 2**

### **VARIABILITE SAISONNIERE DU POIDS ET DE LA TAILLE DES TROIS ESPECES DE CARPES EN FONCTION DU MODE D'ELEVAGE**

#### **1. Introduction**

La croissance est un terme qui peut s'appliquer à un individu ou à une population. Dans le premier cas, elle se réfère au processus métabolique qui permet à l'individu d'accroître sa masse corporelle, dans le second cas elle évoque l'évolution d'une population.

La croissance des poissons présente une particularité essentielle par rapport à celle des Vertébrés supérieurs : elle se poursuit à l'état adulte sans s'arrêter à la puberté. Le taux de croissance est maximal dans les stades jeunes et diminue progressivement sans jamais s'annuler : le taux de croissance journalier est de 25% le premier mois d'élevage, 9% le second et 1 à 3% les mois suivants chez la carpe (Gourges Nassans, 2003).

Ces carpes présentent une capacité de croissance remarquable. Elles sont introduites dans les canaux d'irrigation et dans les lacs de barrage Marocains pour lutter respectivement contre le développement anarchique des macrophytes dans les canaux d'irrigation et du phytoplancton dans les retenues de barrage. Ces carpes, après leur croissance, sont une source nutritive importante à la population riveraine.

Le poids peut dépasser 30 kg et la taille peut aller jusqu'à 1,50 m dans les systèmes stagnants. Ces valeurs nous ont poussé à réaliser une étude pour comprendre l'évolution de la croissance des 3 espèces de carpes (carpe argentée, carpe herbivore et carpe commune) élevées dans les étangs de grossissement de la Deroua.

#### **2. Matériel et méthodes**

##### **2.1 Echantillonnage biologique**

De Janvier 2013 à Mars 2014, nous avons procédé à des associations de carpes (carpe argentée (CA), carpe herbivore (CH) et carpe commune (CC)) dans 3 étangs avec 3 répétitions :

- 1<sup>ère</sup> association (CA+CH+CC) dans 3 étangs : 410 individus de carpe argentée (CA), 50 de carpe herbivore (CH) et 50 de carpe commune (CC),
- 2<sup>ème</sup> association (CA+CH) dans 3 autres étangs : 410 individus CA et 50 individus CH,
- Les trois derniers étangs n'ont reçu que 410 individus CA.

Les densités de poissons ont été retenues sur la base des études antérieures réalisées sur les mêmes étangs de la Deroua (Hasnaoui, 2001, Hasnaoui et al, 2002, 2007).

*Variabilité saisonnière du poids et de la taille des trois espèces de carpes en fonction du mode d'élevage*

Les caractéristiques de l'élevage des carpes pour chaque étang figurent au niveau du tableau ci après.

**Tableau 22: Caractéristiques de l'élevage des carpes.**

Type d'élevage	Carpe argentée (CA)			Carpe herbivore (CH)			Carpe commune (CC)		
	Nombre	Poids total (g)	Poids moyen (g)	Nombre	Poids total (g)	Poids moyen (g)	Nombre	Poids total (g)	Poids moyen (g)
Polyculture (CA+CH+CC)	410	4607	11,23	50	121	2,42	50	423	8,46
Elevage (CA+CH)	410	4607	11,23	50	121	2,42	-	-	-
Monoculture	410	4607	11,23	-	-	-	-	-	-

Les carpes ont été capturés mensuellement (trois individus par espèces et par étang) entre mars 2013 et mars 2014. Les poissons capturés sont mesurés (longueur standard) à l'aide d'une règle graduée au centimètre et pesés par une balance de précision de type Mettler à 0,1 g. Ces poissons ont ensuite été disséqués et leurs tubes digestifs prélevés et conservés dans du formaldéhyde 4 % (Neuveu, 1978) en vue de l'analyse de leur contenu au laboratoire.

Il importe de noter que la nature de l'eau de remplissage des étangs et la température de l'eau sont les paramètres essentiels de la productivité des étangs de la station Deroua.

## 2.2 Méthodes statistiques

Les paramètres de performances zootechniques de chaque spécimen ont été calculés en utilisant les formules résumées dans le tableau 23 (Berday, 2007 ; Bamba, 2008).

**Tableau 23 : Formules des paramètres zootechniques utilisés**

Paramètres	Formules
Densité de poisson (D) (individu/m <sup>2</sup> )	Nombre total de poissons / Volume du bassin
Charge	Densité × Poids moyen individuel du poisson
Gain de poids en une période i-j (g/j)	(Poids moyen individuel à la fin de la période i-j – Poids moyen individuel au début de la période i-j) / Nombre de jours dans la période
Gain de taille en une période i-j (mm/j)	(Taille moyenne individuel à la fin de la période i-j – Taille moyenne individuelle au début de la période i-j) / Nombre de jours dans la période
Gain de poids spécifique en une période i-j (g/100 g.j)	Gain de poids en une période i-j / Poids moyen individuel au début de la période i-j
Facteur de condition	Poids moyen individuel du poisson × 10 <sup>5</sup> × (Taille moyenne individuelle) <sup>-3</sup> (Beckman, 1948)

### 3. Résultats

#### 3.1 Caractéristiques des trois modes d'élevage

##### 3.1.1 Caractéristiques de la polyculture (CA+CH+CC)

Les caractéristiques de la polyculture (CA+CH+CC) sont présentées dans le tableau 24.

En 444 jours (depuis la mise en charge des étangs jusqu'à la fin de l'expérience), le poids moyen et la taille moyenne de la CA passent respectivement de 11,23 à 137,63 g et de 7,28 à 23,9 cm, ceux de la CH augmentent aussi en 426 jours, passant de 2,24 à 616,61 g et de 5,62 à 39,8 cm. En ce qui concerne la CC et en 417 jours, le poids moyen et la taille moyenne passent respectivement de 8,46 à 419 g et de 8,79 à 32,1 cm.

Le gain de poids moyen de la carpe argentée (0,28 g.j<sup>-1</sup>) est plus faible par rapport à celui de la carpe herbivore (1,44 g.j<sup>-1</sup>) et de la carpe commune (0,98 g.j<sup>-1</sup>). Le gain de taille varie entre 0,03 et 0,96 mm.j<sup>-1</sup> avec une moyenne de 0,037 mm.j<sup>-1</sup>, dont les valeurs maximales sont notées entre juin et août.

Cependant, le taux de croissance de la carpe argentée reste nettement inférieur à celui rencontré dans les milieux naturels, tel est le cas du barrage de Sidi Mohamed Ben Abdallah où le gain de poids par cette espèce a pu atteindre 9 g.j<sup>-1</sup> (Direction des eaux et forêts, 2000 ; FAO, 1980).

*Tableau 24: Caractéristiques de la polyculture (CA+CH+CC).*

Période	Carpe argentée		Carpe herbivore		Carpe commune	
	Janv.2013 N=25	Mars. 2014 N=90	Janv.2013 N=16	Mars. 2014 N=90	Fév.2013 N=9	Mars. 2014 N=74
<b>Nombre de poissons</b>	410	380	50	20	50	20
<b>Nombre de poissons Sacrifiés/étang</b>	0	30	0	30	0	24
<b>Nombre de jours/période</b>	—	444	—	426	—	417
<b>Volume de l'étang (m<sup>3</sup>)</b>	450	450	450	450	450	450
<b>Densité (individu.m<sup>-2</sup>)</b>	1,367	1,267	0,166	0,066	0,167	0,0667
<b>Poids moyen (g)</b>	11,23	137,63	2,24	616,61	8,46	419
<b>Taille moyenne (cm)</b>	7,28	23,9	5,62	39,8	8,79	32,1
<b>Charge (g/m<sup>3</sup>)</b>	10,23	116,22	0,25	68,51	0,94	18,62
<b>Gain de poids moyen GP (g.j<sup>-1</sup>)</b>	—	0,28	—	1,44	—	0,98
<b>Gain de poids spécifique (g/100 g.j)</b>	—	2,49	—	64,28	—	11,58
<b>Gain moyen de taille (mm.j<sup>-1</sup>)</b>	—	0,037	—	0,08	—	0,055
<b>Facteur de condition</b>	2,91	1,008	1,262	0,978	1,246	1,267

N : Nombre d'individus utilisés pour la mesure du poids et de la taille.



### 3.1.2 Caractéristiques de l'élevage (CA+CH)

La nourriture disponible dans le milieu constitue le facteur majeur de la productivité du poisson (Tripathi, 1989). De ce fait, la disponibilité en quantité importante de *Chara vulgaris* et de *Ceratophyllum submersum* dans les étangs étudiés à un effet remarquable sur la croissance de la carpe herbivore où le poids moyen et la taille moyenne passent respectivement de 2,24 g à 798,55 g et de 5,62 à 43 cm (Tableau 25). Le facteur de condition est pratiquement constant, de l'ordre de 1.

La croissance de la carpe argentée est faible par rapport à celle de la carpe herbivore en raison de la faible densité en phytoplancton dans l'étang (la transparence de l'eau est maximale).

Tableau 25 : Caractéristiques de l'élevage (CA+CH) au début et à la fin de la période d'étude.

Période	Carpe argentée		Carpe herbivore	
	Janv. 2013 N=25	Mars. 2014 N=92	Janv. 2013 N=16	Mars. 2014 N=81
Nombre de poissons	410	380	50	23
Nombre de poissons Sacrifiés/étang	—	31	0	27
Nombre de jours/période	—	444	—	426
Volume de l'étang (m <sup>3</sup> )	450	450	450	450
Densité (individu.m <sup>-2</sup> )	1,367	1,267	0,167	0,0767
Poids moyen (g)	11,23	125,23	2,24	798,55
Taille moyenne (cm)	7,28	23,28	5,62	43
Charge (g/m <sup>3</sup> )	10,232	105,75	0,249	40,815
Gain de poids moyen GP (g.j <sup>-1</sup> )	—	0,256	—	1,869
GP spécifique (g/100 g.j)	—	2,279	—	83,44
Gain moyen de taille (mm.j <sup>-1</sup> )	—	0,036	—	0,088
Facteur de condition	2,911	0,99	1,262	1,0044

N : Nombre d'individus utilisés pour la mesure du poids et de la taille

### 3.1.3 Caractéristiques de la monoculture CA

La densité des carpes impliquée dans l'élevage joue un rôle important dans la productivité de ces poissons à condition que leur charge ne dépasse pas les capacités de l'étang d'élevage en matière de nourriture et de maintien de la qualité de l'eau (Berday, 2007).

En 14 mois d'étude, le poids moyen et la taille moyenne par individu de la carpe argentée augmentent de 11,23 à 156,44 g et de 7,28 à 26,8 cm respectivement (Tableau 26). Le gain de poids spécifique atteint 2,94 g/100 g de poisson.j.

En mars 2014, les gains de poids moyen et de la taille moyenne atteignent respectivement 0,33 g.j<sup>-1</sup> et 0,044 g.j<sup>-1</sup>. Le facteur de condition reste pratiquement constant pendant toute la période d'étude, cela montre bien que le poids et la taille de cette espèce augmentent d'une manière proportionnelle comme dans le cas de la carpe herbivore, ce qui lui confère une forme allongée et élancée.

*Variabilité saisonnière du poids et de la taille des trois espèces de carpes en fonction du mode d'élevage*

**Tableau 26 : Caractéristiques de la monoculture CA au début et à la fin de la période d'étude.**

Période	Carpe argentée	
	Janv. 2013	Mars. 2014
	N=25	N=92
Nombre de poissons	410	380
Nombre de poissons Sacrifiés/étang	—	30
Nombre de jours/période	—	444
Volume de l'étang (m <sup>3</sup> )	450	450
Densité (individu.m <sup>-2</sup> )	1,367	1,267
Poids moyen (g)	11,23	156,44
Taille moyenne (cm)	7,28	26,8
Charge (g/m <sup>3</sup> )	10,23	132,1
Gain de poids moyen GP (g.j <sup>-1</sup> )	—	0,33
GP spécifique (g/100 g.j)	—	2,94
Gain moyen de taille (mm.j <sup>-1</sup> )	—	0,044
Facteur de condition	2,911	0,813

N : Nombre d'individus utilisés pour la mesure du poids et de la taille

### 3.2 Evolution de la croissance des trois espèces de carpes en fonction du mode d'élevage

#### 3.2.1 Variation du poids des trois espèces en fonction du mode d'élevage

Pendant la période d'étude, le poids moyen maximal de la carpe argentée (156,44 g) est enregistré en monoculture (figure 53).

La croissance de la carpe herbivore en terme de poids est beaucoup plus importante en élevage (CA+CH) (798,55 g) qu'en polyculture (CA+CH+CC) (616,61 g).

En Polyculture (CA+CH+CC), le poids moyen de la carpe commune augmente significativement de février à juillet 2013 avec 33,4 g en février et 419 g en juillet. Néanmoins, à partir du mois d'août et malgré le caractère détritivore de cette espèce (Rajan & Raj, 1994 ; Hasnaoui, 2001 ; Berday, 2007), un ralentissement de la croissance a été enregistré. Cette constatation pourrait être liée à une Compétition vis-à-vis du territoire. La charge piscicole paraît probablement entraver la croissance normale.

La croissance de la carpe herbivore est beaucoup plus élevée que celle de la carpe commune et la carpe argentée en polyculture (CA+CH+CC) et ceux-ci est liée à la forte disponibilité de la nourriture (macrophytes) pour cette espèce durant la période d'étude.

Contrairement à ce qui a été apporté par Berday (2004) et quelque soit le mode d'élevage, la carpe argentée est l'espèce dont la croissance en terme de poids est la plus faible par rapport aux deux autres espèces. Ceci est fortement lié à la faible densité en phytoplancton au niveau des étangs étudiés et au développement excessif des macrophytes.

Variabilité saisonnière du poids et de la taille des trois espèces de carpes en fonction du mode d'élevage

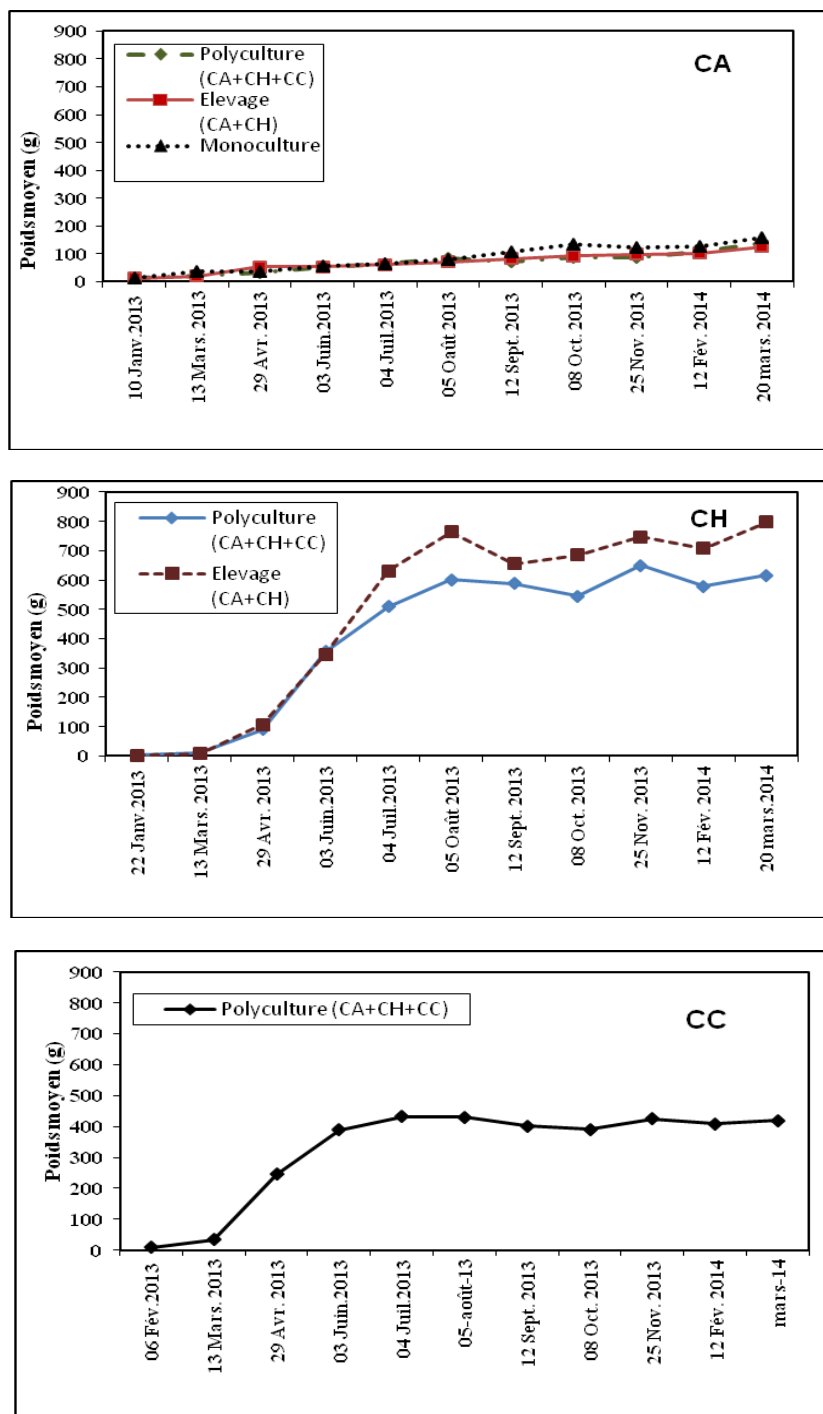


Figure 53: Variation du poids moyen de la carpe argentée (CA), de la carpe herbivore (CH) et de la carpe commune (CC) selon le mode d'élevage

### 3.2.2 Variation de la taille des trois espèces de carpe en fonction du mode d'élevage

Généralement, la croissance en termes de taille de la carpe argentée (CA) est très faible durant la période d'étude, par rapport à celle de la carpe herbivore (CH) et de la carpe Commune (CC) qui augmente significativement de février à juillet 2013. Néanmoins, un ralentissement de la croissance de ces deux espèces est enregistré durant la période d'août 2013 à mars 2014 (Figure 54). Ceci est expliqué par l'absence de nourriture suffisante et par une éventuelle compétition vis-à-vis du territoire due à la charge initiale en poissons.

Variabilité saisonnière du poids et de la taille des trois espèces de carpes en fonction du mode d'élevage

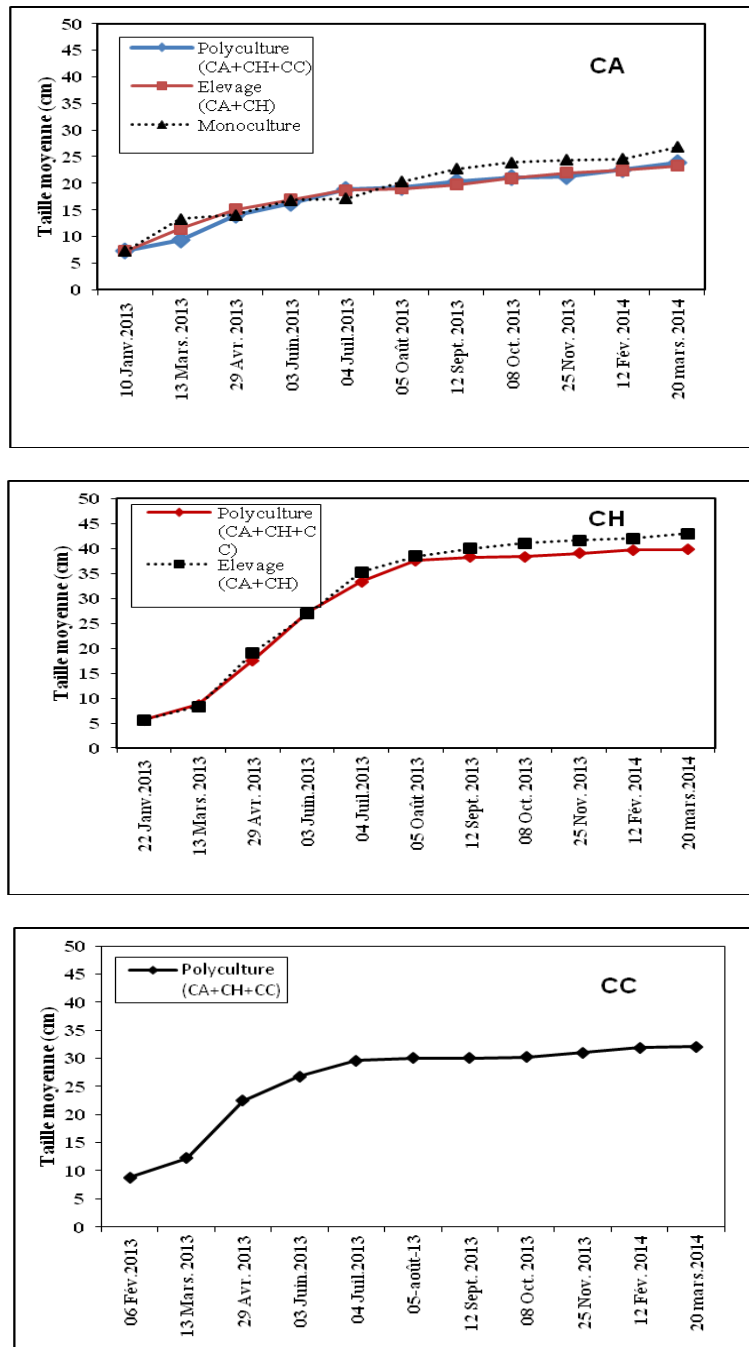


Figure 54: Variation de la taille moyenne de la carpe argentée (CA), de la carpe herbivore (CH) et de la carpe commune (CC) selon le mode d'élevage.

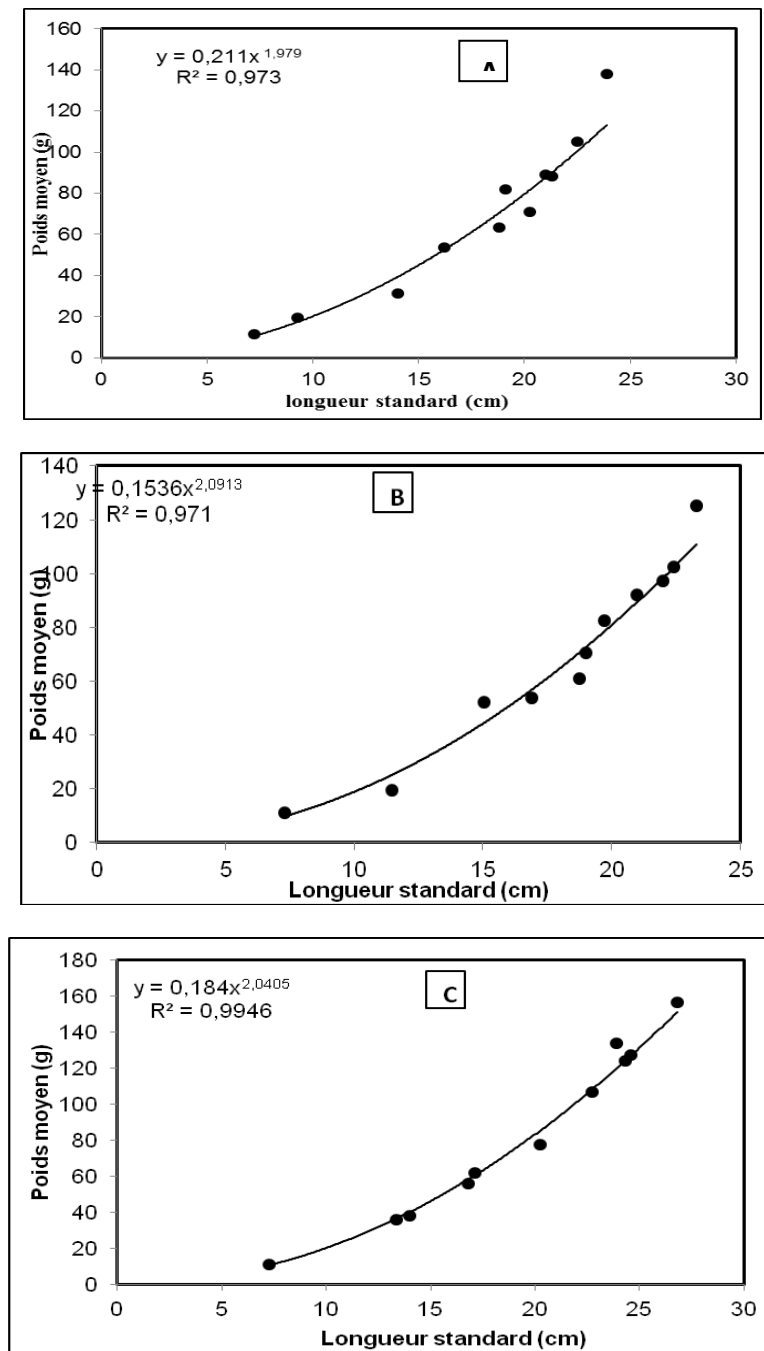
### 3.1 Relation poids-longueur

#### 3.3.1 Relation entre le poids et la longueur totale chez la carpe argentée

Chez la carpe argentée, le nuage de points issu de la relation entre les deux variables étudiées est bien aligné pour les individus de CA élevés en monoculture qu'en polyculture (CA+CH+CC) et en éléavage (CA+CH) (Figure 55). Ceci nous permettra de supposer l'existence d'un autre type de corrélation (Abba, 2010) pour les deux autres types d'élevage.

*Variabilité saisonnière du poids et de la taille des trois espèces de carpes en fonction du mode d'élevage*

La régression hautement significative prouve l'étroite relation entre le poids et la taille de la carpe argentée au niveau des étangs de la station de pisciculture de la Deroua.



*Figure 55 : Evolution du poids en fonction de la longueur standard chez la carpe argentée en polyculture (CA+CH+CC) (A), en élevage (CA+CH) (B) et en monoculture (C).*

### 3.3.2 Relation entre le poids et la longueur totale chez Carpe herbivore

La comparaison des représentations graphiques de la relation poids-longueur pour la carpe herbivore en fonction du mode d'élevage (Figure 56), montre une dispersion des points de nuages à partir de 17 cm pour les individus élevés en polyculture (CA+CH+CC) et à

partir de 19 cm pour ceux élevés en (CA+CH). Malgré cette différence de degré d'association des deux variables la régression reste toujours significative.

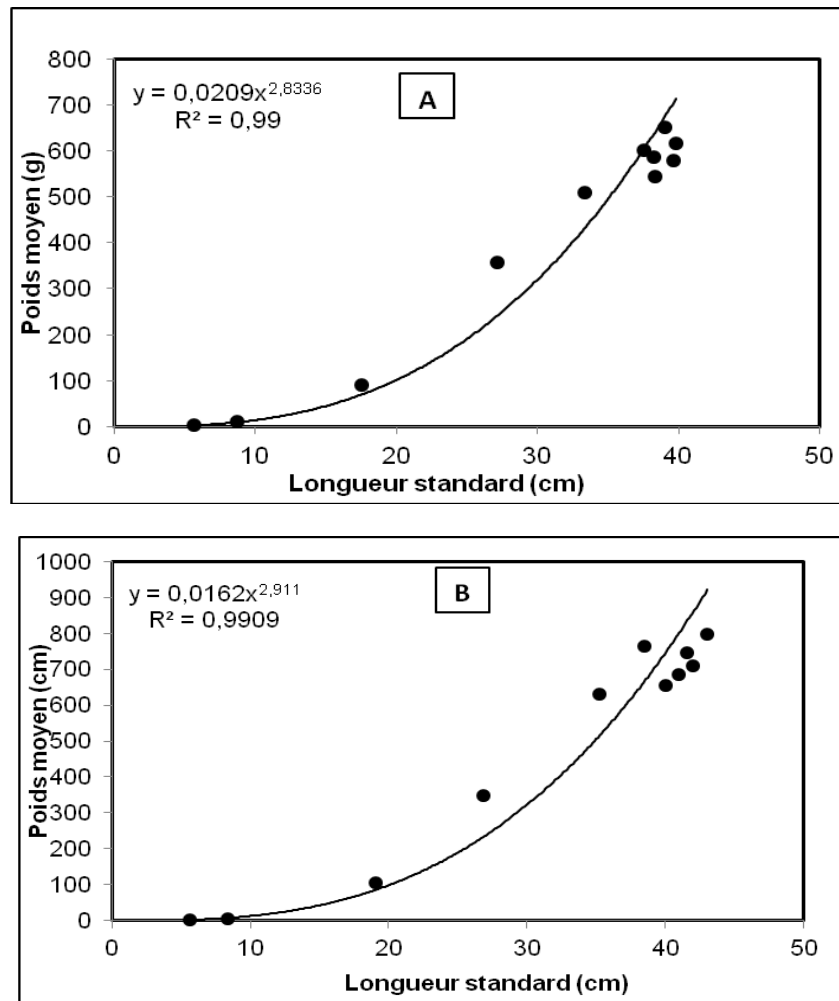


Figure 56: Evolution du poids en fonction de la longueur standard chez la carpe herbivore en polyculture (CA+CH+CC) (A) et en élevage (CA+CH) (B).

### 3.3.3 Relation entre le poids et la longueur totale chez la carpe commune

Les résultats illustrés dans la figure 57 montrent que la croissance en masse du *Cyprinus carpio* (carpe commune) est plus importante que celle de la taille. En effet, la valeur du coefficient (b) est de 2,982. Le coefficient de corrélation entre les deux variables atteint 0,979. Ce qui signifie que la régression est très significative.

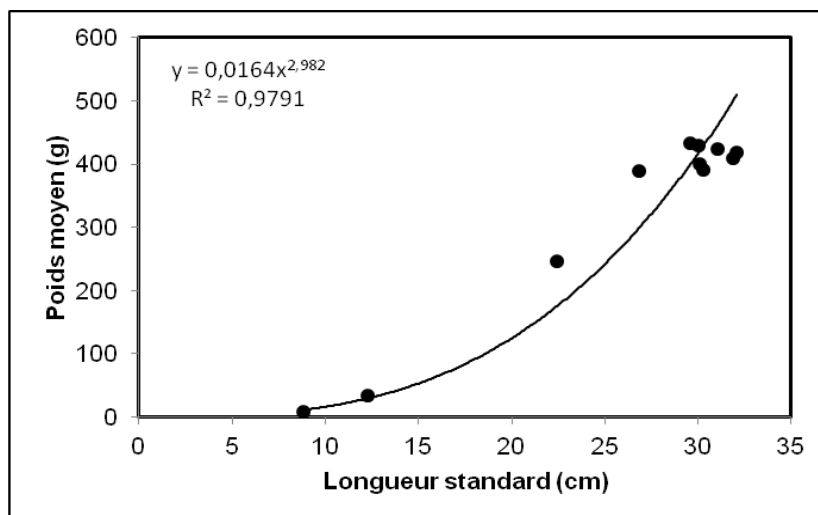


Figure 57 : Evolution du poids en fonction de la longueur standard chez carpe commune (CC) en polyculture (CA+CH+CC).

### 3.4 Facteur de condition

#### 3.4.1 Evolution saisonnière du Facteur de condition chez la carpe argentée

La valeur du coefficient de détermination K de la carpe argentée également nommé facteur de condition est supérieure à 1 en printemps et en été pour les trois modes d'élevage étudiée (Figure 58).

La comparaison du facteur K montre des variations en fonction de la saison. La valeur minimale est obtenue en monoculture pendant la période d'hiver et elle peut être expliquée par la diminution de l'activité alimentaire et le manque de la nourriture lié au développement excessif de *Chara vulgaris* et *Ceratophyllum submersum* au fond de et le gazon sur les berges de l'étang.

De même, cette valeur supérieure à 1 montre bien que la CA étudiée s'adapte bien à son habitat (Berday, 2007) pendant le printemps et l'été soit en polyculture (CA+CH+CC), en élevage (CA+CH) ou en monoculture.

#### 3.4.2 Evolution saisonnière du Facteur de condition chez la carpe herbivore

L'évolution du facteur de condition de la carpe herbivore en fonction de la saison et selon le type d'élevage (Figure 59), montre que les valeurs maximales du coefficient K sont enregistrées au printemps et en été, périodes qui coïncident avec la présence de nourriture abondante (*Chara vulgaris* et *Ceratophyllum submersum*) et avec le développement des gonades. La valeur minimale enregistrée au cours de la saison hivernale peut s'expliquer par la disparition progressive des 2 espèces déjà citées. Donc l'effet saison sur le facteur de condition est hautement significatif.

Variabilité saisonnière du poids et de la taille des trois espèces de carpes en fonction du mode d'élevage

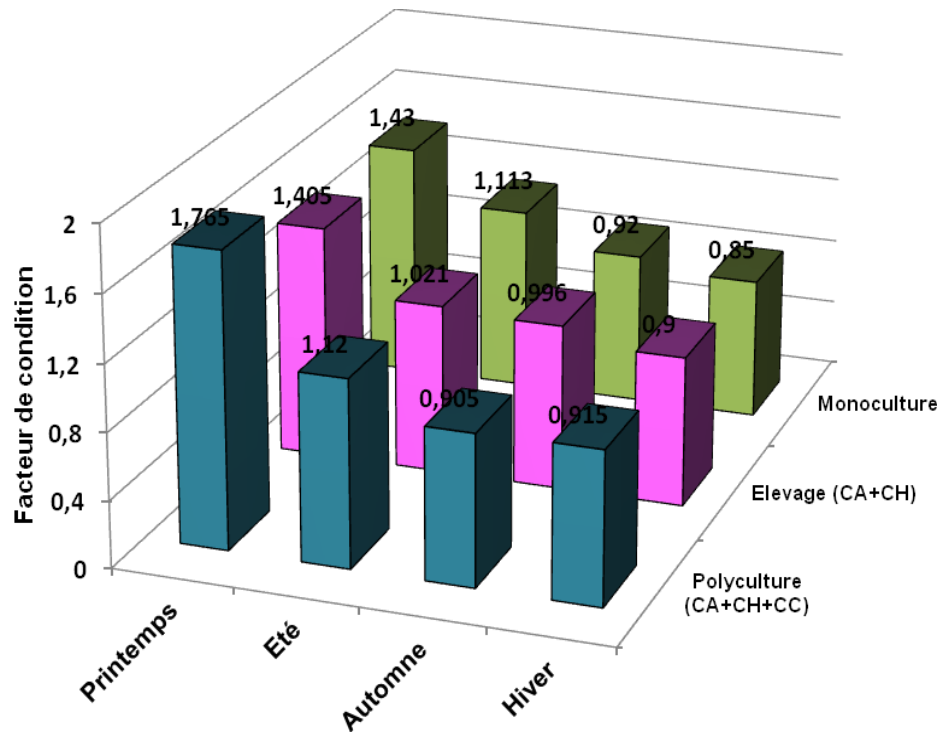


Figure 58: Evolution saisonnière du facteur de condition de la carpe argentée (CA) selon le mode d'élevage.

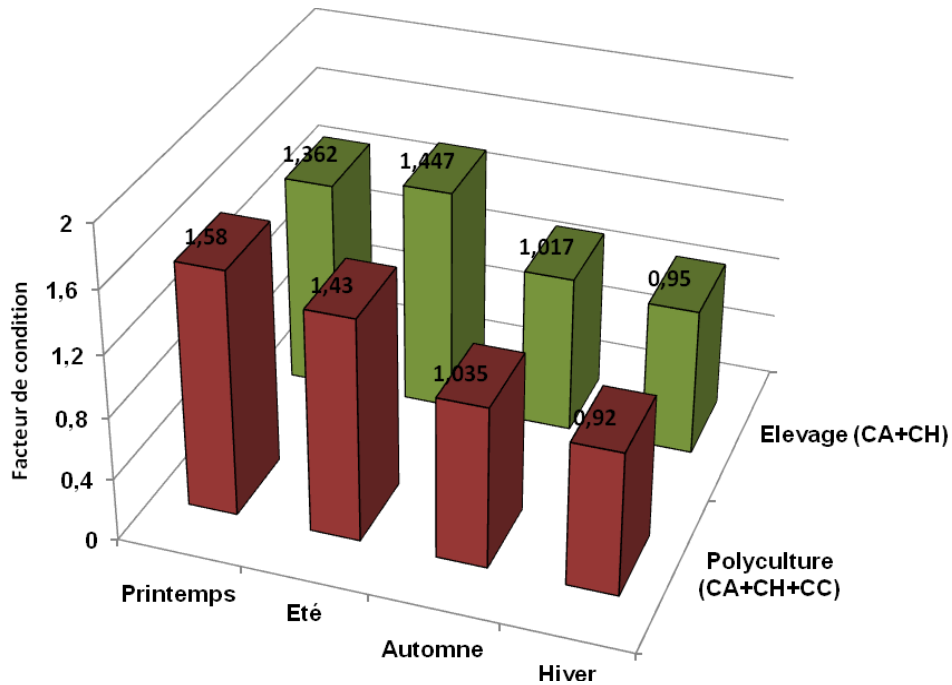
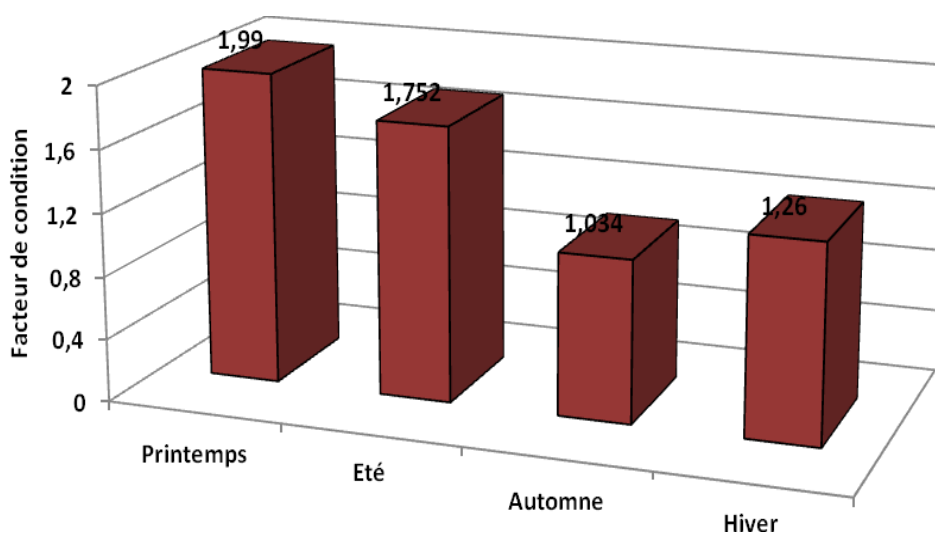


Figure 59: Evolution saisonnière du facteur de condition de lacarpe herbivore (CH) selon le mode d'élevage.



### **3.4.3 Evolution saisonnière du Facteur de condition chez la carpe commune**

Comme pour la carpe herbivore, l'évolution saisonnière du facteur de condition de la carpe commune (Figure 60) montre que la valeur maximale est enregistrée au printemps et en été. Néanmoins, le coefficient de condition supérieur à 1 durant toute l'année, montre bien que cette espèce gagne plus de poids que de taille (Berday, 2007), ceci est lié aux caractères génétiques de ce poisson qui possède une forme trapue.



*Figure 60 : Evolution saisonnière du facteur de condition de la carpe commune (CC) selon le mode d'élevage.*

## **4. Conclusion**

L'étude des paramètres de performance zootechniques chez les trois espèces de carpe montre bien que le taux de croissance varie légèrement en fonction de l'espèce, de la saison et du mode d'élevage. Le coefficient de condition toujours supérieur à 1, montre bien que la carpe des étangs de pisciculture de la Deroua s'adapte bien à son habitat qui lui offre des conditions physicochimiques et biologiques (alimentation) nécessaires pour son développement.

Des trois types d'élevages étudiés, l'élevage (CA+CH) a montré les meilleures performances zootechniques et de productivités pour la carpe herbivore. L'étude de la croissance lors de la monoculture CA donne des résultats plus importants pour la carpe argentée que lors des deux autres élevages. Les trois espèces de carpe en polyculture (CA+CH+CC) montrent une bonne croissance. Cependant, le taux de croissance de la carpe argentée reste nettement inférieur à celui de la carpe herbivore et de la carpe commune, ce-ci

*Variabilité saisonnière du poids et de la taille des trois espèces de carpes en fonction du mode d'élevage*

est lié au manque de la nourriture adéquate pour la carpe argentée (phytoplancton) suite au développement excessif de *Chara vulgaris* et *Ceratophyllum submersum*. Ainsi, l'élevage de la carpe argentée dans une telle condition nécessite l'utilisation d'une nourriture supplémentaire.

A la lumière de ces résultats et dans la perspective d'obtenir une bonne croissance de la carpe argentée, certaines actions méritent d'être proposées:

- ❖ Elargissement de la durée de suivi du régime alimentaire de la carpe argentée;
- ❖ Procéder à une réduction graduelle de la densité des poissons élevés au niveau de chaque étang;
- ❖ Elimination des macrophytes développés au fond des étangs d'élevage.

# Chapitre 3

---

## Régime alimentaire des carpillons dans les étangs de la Deroua

### **I. Régime alimentaire des carpillons a moyen terme**

1. INTRODUCTION
2. MATERIEL ET METHODES
  - 2.1 Site de l'étude
  - 2.2 Processus d'interventions
  - 2.3 Poissons
  - 2.4 Échantillonnage
  - 2.5 Traitement statistiques des données
3. RESULTATS ET DISCUSSIONS
  - 3.1 Productivité des carpes en fonction du mode d'élevage
  - 3.2 Composition du plancton dans le tube digestif de la carpe argentée
  - 3.3 Profil général du régime alimentaire de la carpe argentée
  - 3.4 Indice d'abondance des trois espèces de la carpe en fonction du mode d'élevage
4. CONCLUSION

### **II. Variation saisonnière du régime alimentaire de trois espèces decarpillons**

1. INTRODUCTION
2. MATERIEL ET METHODES
  - 2.1 Echantillonnage
  - 2.2 Mode d'élevage
  - 2.3 Expressions des résultats
3. RESULTATS
  - 3.1 Variation saisonnière de la vacuité des carpes selon le mode d'élevage
  - 3.2 Evolution mensuelle du régime alimentaire des trois espèces de carpillons
  - 3.3 Evolution saisonnière de la prise alimentaire des carpes
4. DISCUSSION

## Chapitre 3

### Régime alimentaire des carpillons dans les étangs de la Deroua

#### I. Régime alimentaire des carpillons à moyen terme

##### 1. Introduction

La croissance des poissons en aquaculture est un processus complexe où l'énergie ingérée est en partie convertie en biomasse. L'efficacité de la conversion est régulée par le potentiel de croissance et par les différents facteurs abiotiques. Cette production dépend de la densité de poissons mis en élevage qui est fonction de la richesse de l'eau en éléments nutritifs, du mode de gestion et de l'intensité de la fertilisation (Billard, 1995c).

La valorisation de la production piscicole en étang peut être réalisée par une polyculture associant des espèces dont les caractéristiques biologiques et le régime alimentaire permettent l'exploitation rationnelle des différents niveaux du réseau trophique (Balvay, 1995). Classiquement, il est fait appel à des espèces planctonophages consommant soit le phytoplancton (carpe argentée) soit le zooplancton (carpe marbrée), macrophytophages (carpe herbivore) et détritivores se nourrissant sur le fond (carpe commune) (Barnabé, 1991).

Les teneurs en éléments minéraux essentiels dans l'étang varient en fonction des fertilisations, de la capacité de minéralisation de la matière organique par les bactéries et du relargage par les sédiments (Hasnaoui et al., 2001, 2002).

Afin de déterminer les préférences alimentaires des trois espèces produites dans la station de pisciculture Deroua (Béni-Mellal) : *Hypophthalmichthys molitrix* (carpe argentée), *Ctenopharyngodon idella* (carpe herbivore) et *Cyprinus Carpio* (carpe commune), nous avons entrepris une étude qualitative (méthode d'occurrence) et quantitative (méthodes numérique / d'abondance) de leur régime alimentaire.

##### 2. Matériel et méthodes

###### a. Site de l'étude

Cette étude a été réalisée, de février à juin 2013, sur les neuf étangs de production des carpillons ayant une superficie de 300 m<sup>2</sup> et une profondeur 1,5 m (photo 23) (voir figure 1 du premier chapitre de cette partie). Ces étangs sont pourvus d'aérateurs artificiels qui permettent l'oxygénation de la masse d'eau en cas de nécessité. Le fond des étangs est naturel. L'eau de remplissage des étangs provient de la nappe phréatique et parfois du barrage Bin El Ouidane.



Photo 23: Etang de la série D.

### b. Processus d'interventions

Le processus d'interventions dans ces étangs de grossissement est résumé au *tableau 27*.

Tableau 27: Déroulement des opérations d'intervention dans les étangs de grossissement.

Mise en eau (Eau de nappe)	10/01/2013
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Déversement de poissons                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Carpe argentée (CA)</li> <li>○ Carpe herbivore (CH)</li> <li>○ Carpe commune (CC)</li> </ul> </li> <li>• Nombre d'individus/étang:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Carpe argentée/ étang (D3, D4, D5, D6, D7, D8, D9, D10, D12)</li> <li>○ Carpe herbivore/étang (D3, D4, D5, D6, D7 et D8)</li> <li>○ Carpe commune/étang (D3, D4, D5)</li> </ul> </li> <li>• Poids total/étang (kg)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ D3, D4 et D5</li> <li>○ D6, D7 et D8</li> <li>○ D9, D10 et D12</li> </ul> </li> <li>• Poids total/ha (kg)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ D3, D4 et D5</li> <li>○ D6, D7 et D8</li> <li>○ D9, D10 et D12</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 10/01/2013</li> <li>○ 22/01/2013</li> <li>○ 06/02/2013</li> <li>○ 100 de 34,26 g et 310 de 3,82 g</li> <li>○ 50 de 2,42 g</li> <li>○ 50 de 8,46 g</li> <li>○ 5,151 kg</li> <li>○ 4,728 kg</li> <li>○ 4,607 kg</li> <li>○ 171,7 kg</li> <li>○ 157,6 kg</li> <li>○ 153,56 kg</li> </ul>
Interventions Humaines	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajout d'eau (eau de nappe et/ou de la retenue de barrage Bin El Ouidane)</li> </ul>

Aucune alimentation complémentaire n'a été distribuée aux poissons.

Afin d'offrir aux poissons des conditions optimales pour leur croissance et pour remédier aux pertes d'eau de l'étang par infiltration et évaporation, des ajouts d'eau de la

nappe phréatique et/ou du lac réservoir Bin El Ouidane ont été appliqués à l'étang autant de fois qu'il a été jugé nécessaire.

### c. Poissons

Les caractéristiques de l'élevage des carpes pour chaque étang figurent au niveau du tableau 28 ci après.

Tableau 28 : Caractéristiques de l'élevage des carpes au niveau des neufs étangs étudiés.

Etang	Carpe argentée (CA)			Carpe herbivore (CH)			Carpe commune (CC)		
	Nombre	Poids total (g)	Poids moyen (g)	Nombre	Poids total (g)	Poids moyen (g)	Nombre	Poids total (g)	Poids moyen (g)
D3	410	4607	11,23	50	121	2,42	50	423	8,46
D4	410	4607	11,23	50	121	2,42	50	423	8,46
D5	410	4607	11,23	50	121	2,42	50	423	8,46
D6	410	4607	11,23	50	121	2,42	-	-	-
D7	410	4607	11,23	50	121	2,42	-	-	-
D8	410	4607	11,23	50	121	2,42	-	-	-
D9	410	4607	11,23	-	-	-	-	-	-
D10	410	4607	11,23	-	-	-	-	-	-
D12	410	4607	11,23	-	-	-	-	-	-

Les mesures de poids sont effectuées à l'aide d'une balance de précision de type Mettler (1g) ou d'une balance ordinaire (lorsque le poids dépasse 100 g), les mesures de la taille sont effectuées à l'aide d'une règle graduée en cm.

Les poissons sont échantillonnés mensuellement et ils sont disséqués et une partie de leur tube digestif est conservé dans une solution de formaldéhyde 4 % (Neuveu, 1978) pour être examinée ultérieurement.

Les clés d'identification des taxons planctoniques sont données dans le chapitre 2 (première partie).

Afin d'évaluer le régime alimentaire des 3 espèces étudiées et déterminer leurs préférences alimentaires, nous avons choisi d'utiliser la méthode numérique ou méthode d'abondance (quantitative) et la méthode d'occurrence ou de fréquence (qualitative) (Windell, 1968, 1971 ; Berg, 1979, Hyslop, 1980).

### d. Échantillonnage

Les pêches (photo 24) sont réalisées mensuellement durant cette période avec une fréquence de pêche de 3 individus par espèces et par étang. Cela en vue d'étudier leur régime alimentaire et de suivre leur croissance par mesure du poids individuel et de la longueur totale.



Photo 24: Capture des carpillons

#### e. Traitement statistiques des données

Pour comparer commodément les différents régimes alimentaires des espèces étudiées, les différents constituants inventoriés ont été groupés en 7 grandes catégories: phytoplancton, zooplancton, graines, macrophytes, végétaux supérieurs, insectes aquatiques et détritus.

Pour les trois espèces de carpes, les pourcentages d'occurrence et d'abondance de chaque catégorie de proies ont été calculés. La formule de ces deux indices est déjà citée dans le chapitre 1 de la première partie.

### 3. Résultats et discussion

#### 3.1 Productivité des carpes en fonction du mode d'élevage

##### 3.1.1 Productivité des carpes de la polyculture (CA+CH+CC) dans les étangs D3, D4 et D5

Les caractéristiques de l'élevage de la carpe argentée associée à la carpe herbivore et à la carpe commune pendant la période d'étude sont présentées dans le tableau 29 :

Tableau 29: Caractéristiques de la polyculture (CA+CH+CC).

Poissons	Carpe argentée				Carpe herbivore				Carpe commune			
	Janv. 2013 N=25	Mars 2013 N=9	Avr. 2013 N=9	Juin 2013 N=9	Janv. 2013 N=16	Mars 2013 N=9	Avr. 2013 N=9	Juin 2013 N=9	Fév. 2013 N=9	Mars 2013 N=9	Avr. 2013 N=9	Juin 2013 N=9
Poids moyen (g)	11,23	19,22	31,24	53,33	2,24	10,01	90,9	356,6	8,46	33,4	245,41	388,56
Taille moyenne (cm)	7,28	9,28	14,04	16,24	5,62	8,73	17,56	27,17	8,79	12,24	22,45	26,81

N : Nombre d'individus utilisés pour la mesure du poids et de la taille

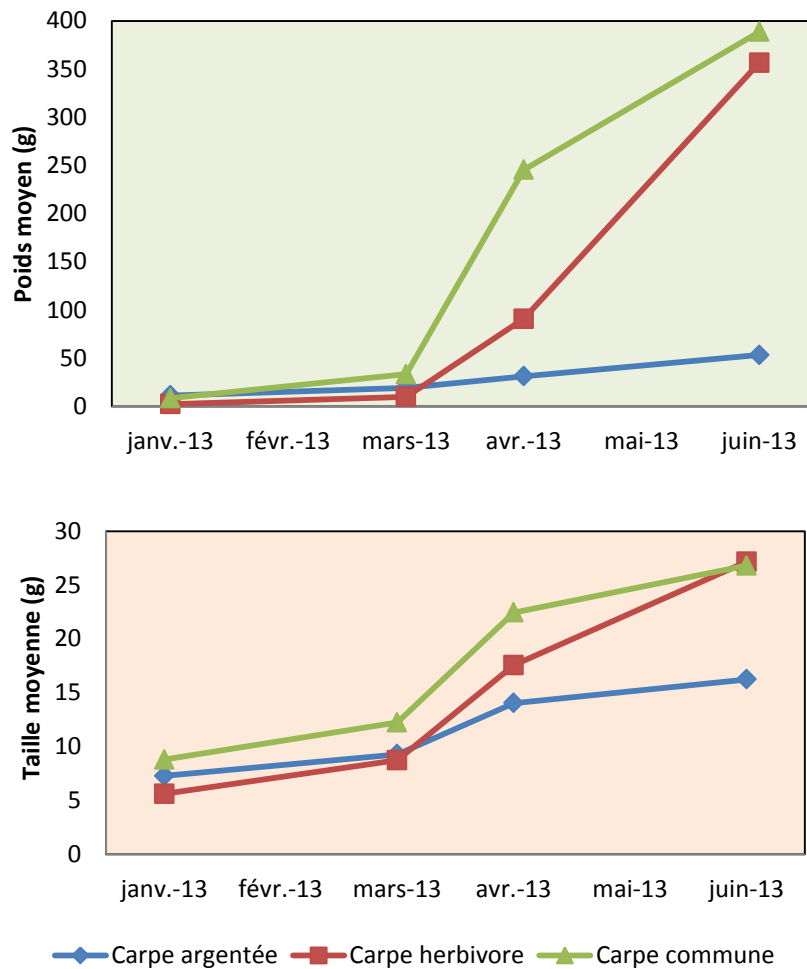


Figure 61: Evolution du poids moyen et de la taille moyenne de la carpe argentée, la carpe herbivore et la carpe commune (Elevage CA+CH+CC).

Le gain de poids de la carpe argentée (CA) en ce mode d'élevage est très faible durant la période d'étude, alors que celui de la carpe herbivore (CH) et de la carpe Commune (CC) augmente significativement de mars à juin 2013 (figure 61).

La taille moyenne de la CH et de la CC en polyculture (CA+CH+CC), passe respectivement de 5,62 cm à 27,17 cm et de 8,79 cm à 26,81 cm alors que celle de la CA augmente sans atteindre la taille de CH et CC.

### 3.1.2 Productivité des carpes de l'élevage (CA+CH) dans les étangs D6, D7 et D8

Les résultats de l'élevage de la carpe argentée associée à la carpe herbivore sont donnés dans le tableau suivant :



Tableau 30: Caractéristiques de l'élevage (CA+CH).

Poissons	Carpe argentée				Carpe herbivore			
	Janvier 2013 N=25	Mars 2013 N=9	Avril 2013 N=9	Juin 2013 N=9	Janvier 2013 N=16	Mars 2013 N=9	Avril 2013 N=9	Juin 2013 N=9
Poids moyen (g)	11,23	19,32	52,23	34,88	2,24	6,94	106,62	346,88
Taille moyenne (cm)	7,28	11,47	15,05	14,56	5,62	8,36	19,07	26,85

N : Nombre d'individus utilisés pour la mesure du poids et de la taille

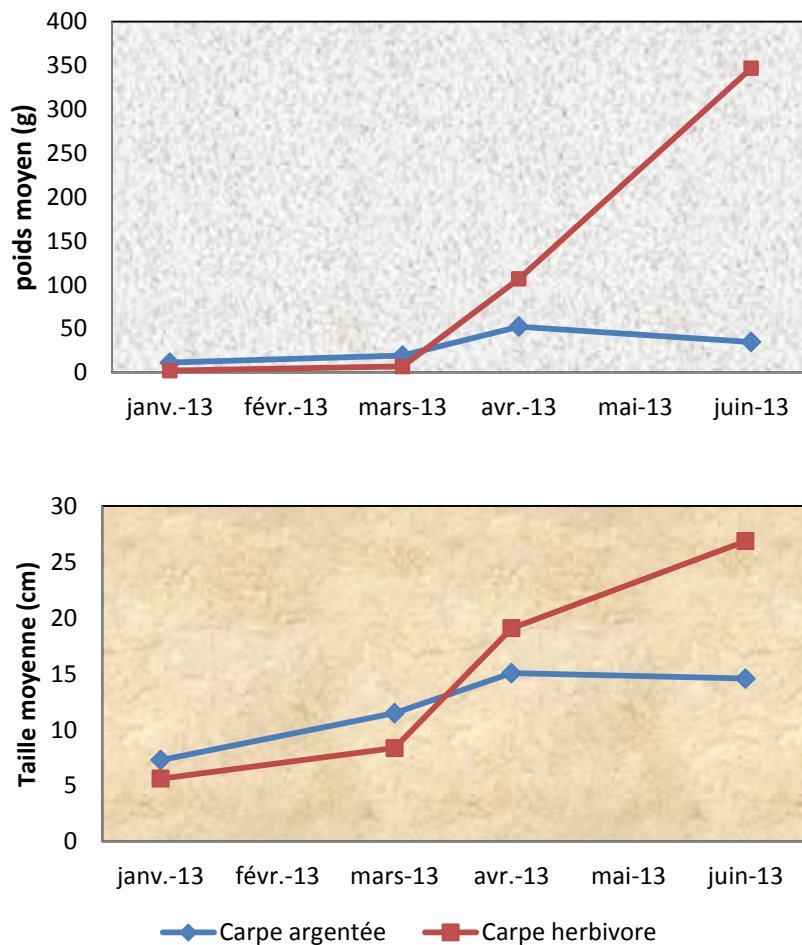


Figure 62: Evolution du poids moyen et de la taille moyenne de la carpe argentée et la carpe herbivore (Elevage CA+CH).

En élevage CA+CH, une faible augmentation du poids moyen et de la taille moyenne de la carpe argentée est notée au début de l'expérience. A partir du mois d'avril, la taille et le poids régressent (figure 62).

En revanche, le poids moyen et la taille moyenne de la carpe herbivore augmentent significativement à partir du mois de mars de 6,94 g à 346,88 g et de 8,36 cm à 26,85 cm.

### 3.1.3 Productivité des carpes argentées (CA) en monoculture

L'élevage de la carpe argentée en monoculture (sans association) a donné les résultats suivants (tableau 31):

Tableau 31: Caractéristiques de l'élevage CA en monoculture.

Poissons	Carpe argentée			
	Janvier 2013 N=25	Mars 2013 N=9	Avril 2013 N=9	Juin 2013 N=9
Période				
Poids moyen (g)	11,23	35,67	37,78	56,08
Taille moyenne (cm)	7,28	13,34	14,01	16,81

N : Nombre d'individus utilisés pour la mesure du poids et de la taille

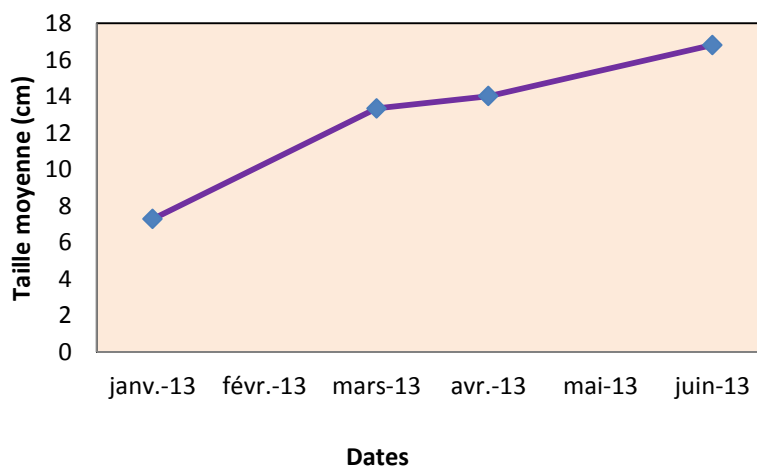
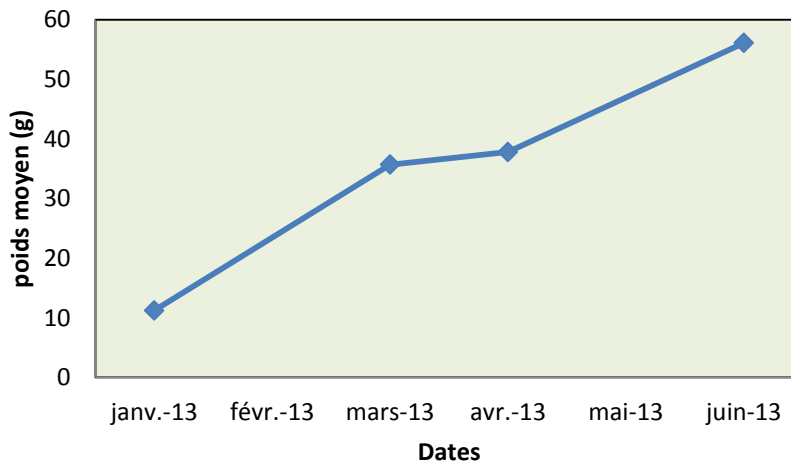


Figure 63: Evolution du poids moyen et de la taille moyenne de la carpe argentée en monoculture.

### 3.1.4 Productivité des carpes argentées (CA) lors des trois types d'élevage

Quoique les élevages conduits ont montré que l'élevage de la CA en association avec les deux autres espèces aboutit à une faible croissance de cette espèce (figure 64), il semble que

ceci est dû principalement à une faible abondance du phytoplancton dans les étangs d'élevage (Transparence de l'eau est maximale, les macrophytes du fond de l'étang sont visibles) liée au développement excessif des plantes macrophytes qui sont des véritables «pompes» d'absorption des sels minéraux (phosphates et nitrates).

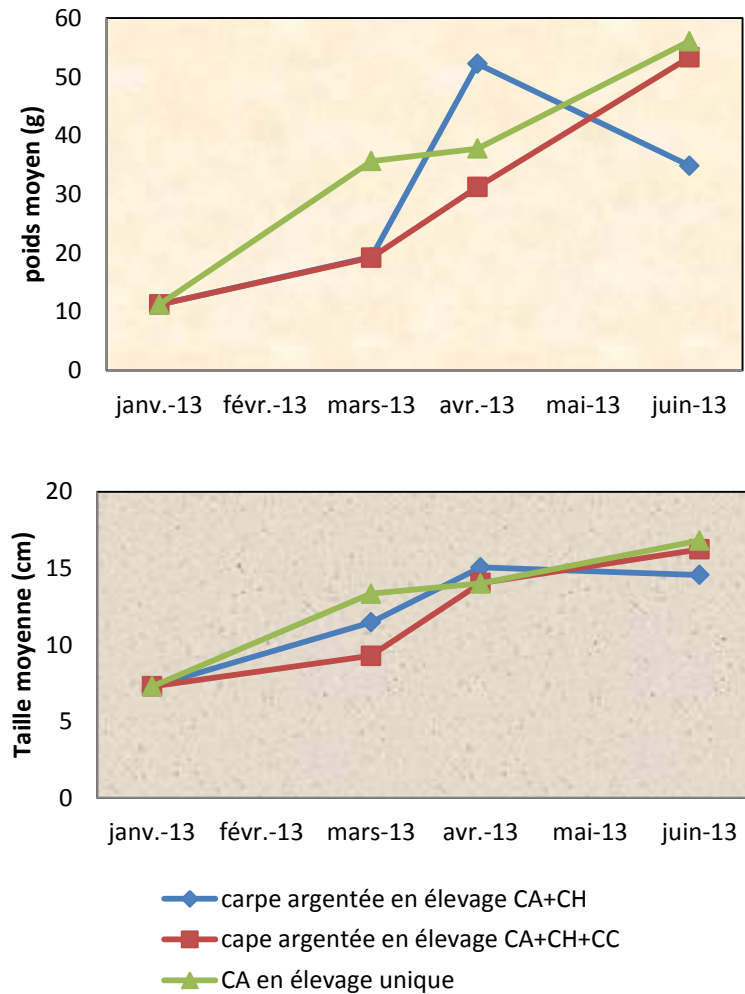


Figure 64 : Evolution du Poids moyen et de la taille moyenne de la carpe argentée en trois modes d'élevage.

### 3.2 Composition du plancton dans le tube digestif de la carpe argentée

Le tube digestif des individus de la carpe argentée capturés au niveau des étangs D3, D4, D5, D6, D7 et D8 contient une quantité importante de taxons phytoplanctoniques représentés surtout par essentiellement par des Diatomophycées (*Nitzschia amphibia*, *Gomphonema intricatum* et *Cymbella turgidula*) et des Chlorococcales (*Coelastrum reticulatum* var. *reticulatum*, *Pediastrum simplex* var. *sturmii* et *Scenedesmus protuberans*) (Tableau 32).

En revanche, le contenu des tubes digestifs des individus capturés au niveau des étangs D9 et D12 est dominé par *Cymbella turgidula*, *Nitzschia amphibia*, des copépodes et du détrit. Dans l'étang D10, nous avons noté la dominance de *Nitzschia amphibia*, *Navicula cryptocephala*, des Copépodes et du détrit. Ces trois derniers étangs ont montré une faible abondance phytoplanctonique par rapport aux autres étangs étudiés.

Régime alimentaire des carpillons dans les étangs de la Deroua

Tableau 32: Taxons des proies inventoriés au niveau du contenu du tube digestif de la carpe argentée pendant la période de grossissement de Mars à juin 2013.

Proies/étangs	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D12
<b>Chlorococcales :</b>									
<i>Scenedesmus protuberans</i>	****	****	**	*	*	*	*	*	*
<i>Scenedesmus crassus</i>		*	*						
<i>Scenedesmus gutwinski</i>	*								
<i>Scenedesmus tenuispina</i>	*								
<i>Scenedesmus serratus</i>			*						*
<i>Scenedesmus falcatus</i>	*	*							
<i>Scenedesmus obliquus</i>	*	*							
<i>Scenedesmus flexuosus</i>		*							
<i>Coelastrum reticulatum var. reticulatum</i>	****	**	**	**	****	**			
<i>Monographidium griffithii</i>	**								
<i>Pediastrum simplex var. sturmii</i>	****	****	**	*			*	**	*
<i>Coelastrum microporum var. microporum</i>	*	*	*				**	*	*
<i>Pediastrum boryanum var. cornatum</i>	*								*
<i>Crucigenia tetrapedia</i>	*								
<b>Diatomophycées</b>									
<i>Cyclotella bodanica</i>	**	**	****		*		*	*	*
<i>Epithemia argus var. longicornis</i>	*	*		**		*	*		
<i>Cymbella turgidula</i>	**	*	*	*		**	****	**	****
<i>Cymbella cistula</i>			*				*		
<i>Cymbella cuspidata</i>	*					*	**		*
<i>Nitzschia amphibia</i>	**	**	**	**	**	**	****	****	****
<i>Gyrosigma attenuatum</i>	*								
<i>Navicula cuspidata</i>	*					**	*	*	
<i>Navicula veneta</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Nitzschia dissipata</i>	*	*	*			*	*	*	*
<i>Nitzschia linearis</i>			*	*			*	*	*
<i>Fragilaria crotonensis</i>	*	*	*			*			
<i>Gomphonema intricatum</i>	**	**	**	*		**			*
<i>Gomphonema olivaceum</i>	*	*	*	*	*	**	*	*	*
<i>Nitzschia sinuata</i>	*					*			*
<i>Navicula cryptocephala</i>	*	*		**	**	**	**	****	**
<i>Amphora ovalis</i>		*							
<i>Nitzschia hungarica</i>		*							
<i>Nitzschia acicularis</i>	*								
<i>Gomphonema angustatum</i>		*	*			*		*	
<i>Synedra ulna</i>			**		*				
<i>Nitzschia sigma</i>				*					
<i>Nitzschia oblonga</i>				*					
<i>Cocconeis placentula</i>	*					**			
<i>Surirella angustata</i>	*								
<b>Dinophycées:</b>									
<i>Peridiniopsis elpatiewskyi</i>	*	*	*						
<b>Desmidiacées:</b>									
<i>Closterium aciculare</i>			*						
<i>Cosmarium binum</i>		*		*	*				*
<i>Cosmarium granatum</i>				*	*				
<i>Cosmarium formosulum</i>									*
<b>Cyanobactéries</b>									
<i>Merismopedia punctata</i>	*	*	*	*	*		*		*
<i>Phormidium tenue</i>	*	*							
<i>Anabaena spiroides fo. Crassa</i>	*								
<b>Copépodes</b>									
<i>Eucyclops macruroides</i>	*						**		
<i>Cyclops sp</i>	*	*	*	*	*	*	****	****	**
<b>Characées</b>									
<i>Chara vulgaris</i>		*	*	*					
<b>Détritus (ou non identifiable)</b>	**	**	**			**	****	****	****
<b>Zygnématales</b>									
<i>Spirogyra majuscula</i>				*			*		*
<b>Euglénophycées</b>									
<i>Euglena deses var. tenuis</i>					*				
<i>Euglena oxyuris</i>							*		
<i>Phacus tripteris</i>									*
<b>Larves d'insectes</b>									
<i>Simulium sp</i>							**		*

\*Faible présence, \*\* Présence moyenne, \*\*\*\* Dominance

La diversité du contenu des tubes digestifs de la carpe argentée serait liée à la disponibilité de la nourriture qui varie en quantité et en qualité en fonction des saisons.

### 3.3 Profil général du régime alimentaire de la carpe argentée

Les indices d'occurrence et d'abondance déterminés pour les taxons phytoplanctoniques inventoriés dans les différents tubes digestifs sont donnés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 33: Principaux taxons déterminés de Mars à Juin 2013 avec les indices d'occurrence et d'abondance (%).

Taxons	Indice d'abondance (%)	Indice d'occurrence (%)
<b>Chlorococcales :</b>	<b>32,6</b>	<b>29,057</b>
<i>Scenedesmus protuberans</i>		6,419
<i>Scenedesmus crassus</i>		1,351
<i>Scenedesmus gutwinski</i>		0,676
<i>Scenedesmus tenuispina</i>		0,676
<i>Scenedesmus serratus</i>		0,676
<i>Scenedesmus falcatus</i>		2,027
<i>Scenedesmus obliquus</i>		1,014
<i>Scenedesmus flexuosus</i>		1,014
<i>Coelastrum reticulatum var. reticulatum</i>		3,041
<i>Monographidium griffithii</i>		1,014
<i>Pediastrum simplex var. sturmii</i>		6,081
<i>Coelastrum microporum var. microporum</i>		4,054
<i>Pediastrum boryanum var. cornatum</i>		0,338
<i>Crucigenia tetrapedia</i>		0,676
<b>Diatomophycées :</b>	<b>45,65</b>	<b>51,69</b>
<i>Cyclotella bodanica</i>		5,405
<i>Epithemia argus var. longicornis</i>		3,041
<i>Cymbella turgidula</i>		3,716
<i>Cymbella cistula</i>		1,351
<i>Cymbella cuspidata</i>		2,027
<i>Nitzschia amphibia</i>		8,108
<i>Gyrosigma attenuatum</i>		0,338
<i>Navicula cuspidata</i>		1,014
<i>Navicula subtilissima</i>		4,392
<i>Nitzschia dissipata</i>		2,703
<i>Nitzschia linearis</i>		1,351
<i>Fragilaria crotonensis</i>		1,689
<i>Gomphonema intricatum</i>		4,392
<i>Gomphonema olivaceum</i>		3,716
<i>Nitzschia sinuata</i>		1,014
<i>Navicula cryptocephala</i>		1,689
<i>Amphora ovalis</i>		0,676
<i>Nitzschia hungarica</i>		1,014
<i>Nitzschia acicularis</i>		1,014
<i>Gomphonema angustatum</i>		2,027
<i>Synedra ulna</i>		1,014
<b>Dinophycées:</b>	<b>2,17</b>	<b>3,041</b>
<i>Peridiniopsis elpatiewskyi</i>		
<b>Desmidiacées:</b>	<b>2,17</b>	<b>1,352</b>
<i>Closterium aciculare</i>		0,338
<i>Cosmarium binum</i>		1,014
<b>Cyanobactéries</b>	<b>6,52</b>	<b>5,068</b>
<i>Merismopedia punctata</i>		2,703
<i>Phormidium tenue</i>		1,351
<i>Anabaena spiroides fo. crassa</i>		1,014
<b>Copépodes</b>	<b>4,34</b>	<b>3,379</b>
<i>Eucyclops macruroides</i>		0,338
<i>Cyclops sp</i>		3,041
<b>Characées</b>	<b>2,17</b>	<b>1,689</b>
<i>Chara vulgaris</i>		
<b>Détritus (ou non identifiable)</b>	<b>4,34</b>	<b>4,73</b>

### 3.4 Indice d'abondance des trois espèces de la carpe en fonction du mode d'élevage

L'aspect qualitatif du régime alimentaire des trois espèces de la carpe en fonction du mode d'élevage ((CA+CH+CC), (CA+CH) et CA) est illustré dans la figure 65.

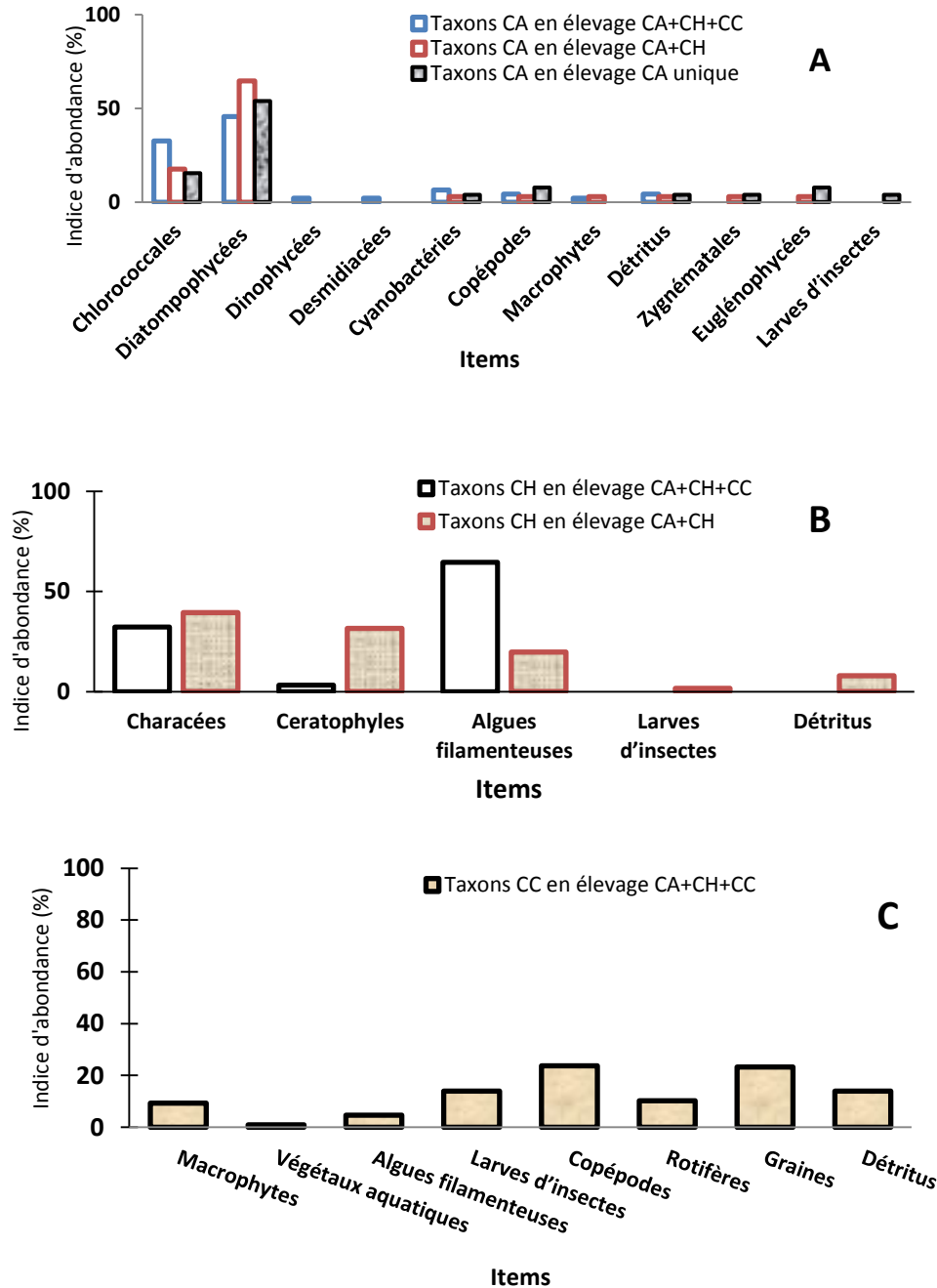


Figure 65: indice d'abondance (lab) des grands groupes d'items proies dans les contenu des tubes digestifs des carpes argentées(A), des carpes herbivores (B) et des carpes communes (C) en 3 modes d'élevage (CA+CH+CC), (CA+CH) et CA capturées entre mars et juin 2013.

Sur la base de l'indice d'abondance des items alimentaires trouvés dans le contenu du tube digestif des individus capturés soit en élevage (CA+CH+CC) ou (CA+CH) ou en monoculture CA, les carpes argentées consomment principalement des Diatomophycées (45,65 % en élevage CA+CH+CC, 64,7 % en élevage CA+CH et 53,84 % en monoculture

CA), suivi des Chlorophycées (32,6 % en élevage CA+CH+CC, 17,64 % en élevage CA+CH et 15,38 % en monoculture CA). Ce résultat corrobore celui trouvé par Cremer & Smitherman (1980), Vybornov (1989) et Hasnaoui (2001) qui indiquent le caractère phytoplanctonophage de cette espèce.

Chez la carpe herbivore, les aliments principaux en élevage (CA+CH+CC) sont représentés par l'algue filamenteuse *Spirogyramajuscula* (Iab = 64,52%) et *Charavulgaris* (Iab = 32,25%) tandis qu'en élevage (CA+CH), les carpes herbivores consomment surtout *Charavulgaris* (Iab = 39,37%) et *Ceratophyllumsubmersum* (Iab = 31,49%).

#### 4. Conclusion

L'analyse des contenus des tubes digestifs de la carpe argentée a montré qu'au niveau des 9 étangs étudiés, la carpe argentée consomme essentiellement des Diatomophycées et des Chlorococcales.

Au niveau des étangs D9, D10 et D12 où on n'a que les carpes argentées, des fragments de copépodes sont souvent associés au phytoplancton (Diatomophycées et Chlorococcales) dans l'alimentation de la carpe argentée suite à la faible abondance des communautés phytoplanctoniques (lié probablement au développement excessif de *Chara vulgaris* et de *Ceratophyllum submersum*, à la charge piscicole et au vieillissement des étangs).

La productivité de la carpe argentée dans chaque type d'élevage (en polyculture avec la CH et la CC, soit en association avec la CH, ou en monoculture) a montré une faible croissance des individus élevés.

La densité élevée en carpe argentée ainsi que le vieillissement des étangs étudiés peuvent être considérés à l'origine de la faible croissance de cette espèce.

## II. Variation saisonnière du régime alimentaire de trois espèces de carpillons

### 1. Introduction

Le régime alimentaire de la Carpe varie physiologiquement avec les saisons. Plusieurs études réalisées sur diverses périodes par divers auteurs aboutissent au même résultat : Wunder (1938), Lefèvre (1948) et Fanget (1972). Le rythme alimentaire réduit en saison hivernale pousse la Carpe à se tourner vers la nourriture la plus accessible. L'eau froide inhibe tout développement optimal du plancton.

Avec le réchauffement progressif des couches supérieures des eaux et l'allongement de la photopériode, le phytoplancton et le zooplancton se développent massivement. Parallèlement, les éléments benthiques se maintiennent quantitativement.

Les résultats obtenus de l'étude du régime alimentaire des carpillons à court terme (de février à juin 2013), n'étaient que partiels et ne nous permettent pas de conclure quant à la variabilité saisonnière de ce régime. Cela nous a poussé à prolonger cette étude jusqu'au

mars 2014, pour pouvoir compléter le cycle saisonnier et constater des évolutions plus significatives.

## **2. Matériel et méthodes**

### **2.1 Echantillonnage**

Les captures des individus de carpillons ont été effectuées suivant une fréquence mensuelle de février 2013 à mars 2014, à l'aide d'un filet maillant (photo 25).



*Photo 25: Un filet maillant.*

### **2.2 Expressions des résultats de la composition du tube digestif**

Afin de mieux décrire l'évolution saisonnière de l'alimentation chez les trois espèces de carpes en fonction du mode d'élevage, cinq paramètres ont été utilisés :

- Le taux de vacuité ou Coefficient de vacuité (CV): C'est le rapport en pourcentage entre le nombre d'estomacs vides (**Ne**) et le nombre d'estomacs examinés (**Nt**).

$$CV = (Ne/Nt).100$$

Où : **Ne** désigne le nombre d'estomacs vides;

**Nt** désigne le nombre total d'estomacs analysés.

Le pourcentage d'estomacs vides observés à différentes périodes de l'année nous a renseigné sur le rythme saisonnier de l'activité alimentaire de la population (Hyslop, 1980).

- L'indice d'abondance (Iab).
- L'indice d'occurrence (Io).



- L'indice volumétrique (Iv).
- Et l'indice alimentaire (IA).

Les formules de ces quatre derniers indices sont déjà citées dans le chapitre 1 de la première partie.

### 3. Résultats

#### 3.1 Variation saisonnière de la vacuité des carpes selon le mode d'élevage

##### 3.1.1 Chez la carpe argentée

Le coefficient de vacuité chez la carpe argentée présente des fluctuations saisonnières : En polyculture (CA+CH+CC), les valeurs observées ont été de 3,7 % en été et de 5,55 % en automne. Ce type d'activité alimentaire est influencé par les conditions du milieu et par l'état physiologique des poissons. Alors qu'en élevage (CA+CH), le pourcentage d'estomacs vides était observé en hiver avec 16,67%. En monoculture CA, le pourcentage le plus faible était enregistré en été avec 3,7 %, les valeurs maximales en printemps et en hiver (14,81 % et 22,22 % respectivement).

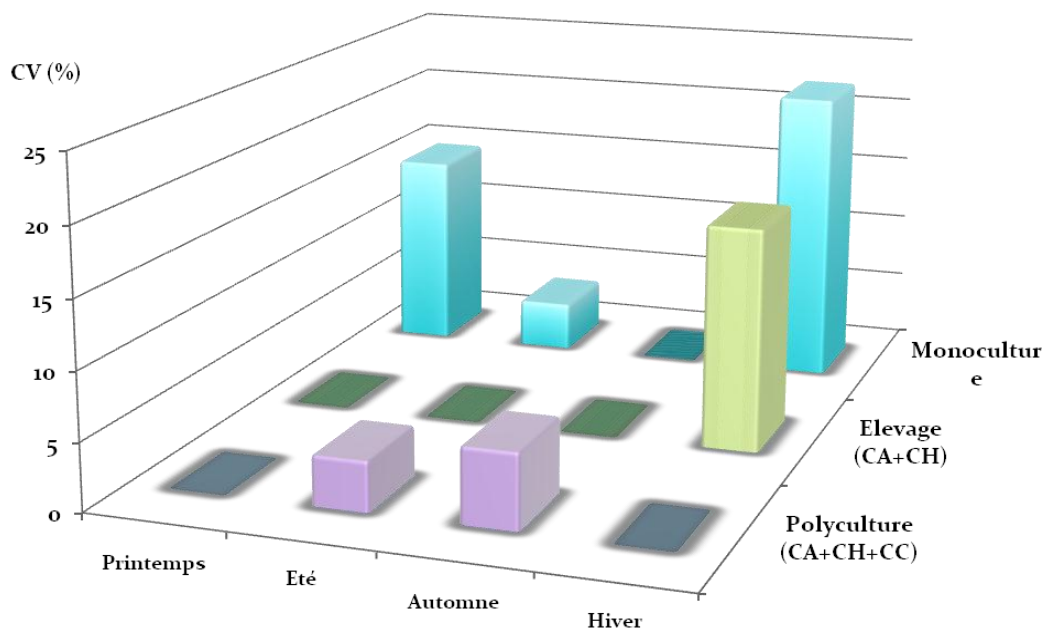


Figure 66: Variations saisonnières de la vacuité chez *Hypophthalmichthys molitrix* (CA)

### 3.1.2 Chez la carpe herbivore

Le coefficient de vacuité chez la carpe herbivore varie durant l'année (Figure 67) avec un maximum en hiver (22,22%) en *élevage* (CA+CH). En *polyculture* (CA+CH+CC), un minimum a été enregistré en printemps (3,7%), en automne et en hiver (5,56%).

Les faibles valeurs de l'indice de vacuité peuvent être un indice de la disponibilité de la nourriture (*Ceratophyllum submersum* et *Chara vulgaris*) et / ou de la fréquence des activités trophiques de cet espèce, en plus de la faible influence des variations environnementales sur le régime alimentaire de la carpe herbivore.

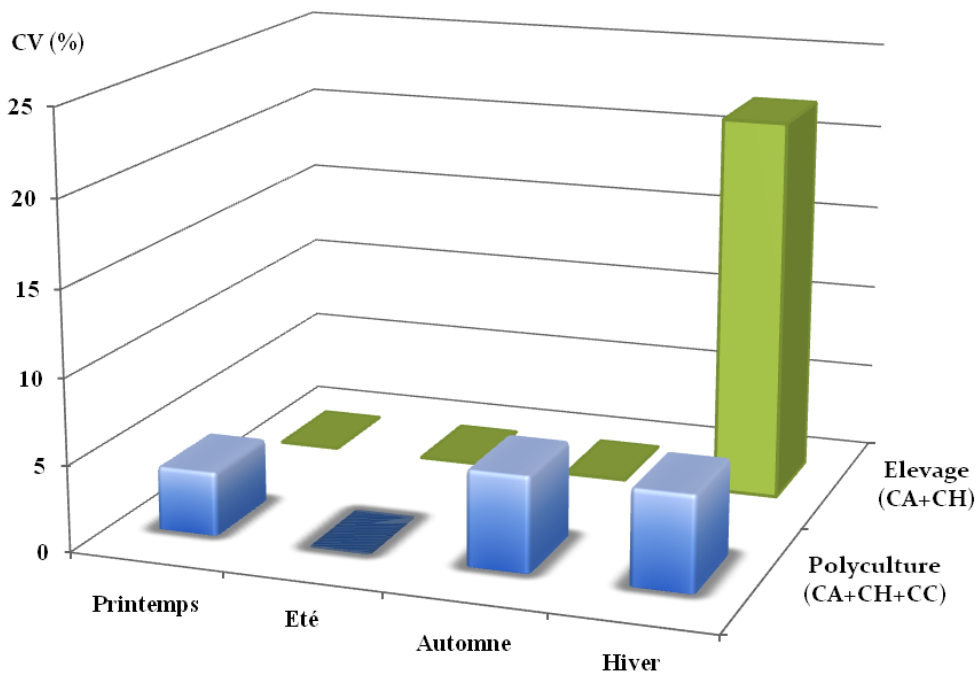


Figure 67: Variations saisonnières de la vacuité chez *Ctenopharyngodon idella* (CH).

### 3.1.3 Chez la carpe commune

Le taux de vacuité des contenus des tubes digestifs des individus de la carpe communereste nul durant toute la période d'étude. Ceci peut s'expliquer par le caractère détritivore de cette espèce, en plus ce poisson a montré au niveau des étangs de la Deroua qu'il consomme la nourriture la plus disponible dans le milieu.

### 3.2 Evolution mensuelle du régime alimentaire des trois espèces de carpillons selon les trois modes d'élevage

#### 3.2.1 Evolution mensuelle du régime alimentaire des carpillons de la carpe argentée

En vue de dégager les tendances alimentaires de la carpe argentée, nous traitons chaque mode d'élevage à part.

##### a. En polyculture (CA+CH+CC)

La classification des proies sur la base des quatre indices étudiés montre que chez cette espèce, les aliments principaux dans les contenus digestifs examinés, durant toute la période d'étude, sont représentés par les Chlorococcales (tableau 34):

Tableau 34 : Valeurs des quatre indices alimentaire des Chlorococcales répertoriées au niveau des contenus des tubes digestifs des carpillons de la carpe argentée en polyculture (CA+CH+CC).

Mois	Mars 2013	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Fév. 2014	Mars
<b>Io (%)</b>	41,84	49	38,27	49,46	56,35	50,89	51,96	46,9	46,6
<b>Iab (%)</b>	67,76	59,7	46,6	69,2	89,64	75,74	67,32	74,55	50,89
<b>Iv (%)</b>	86,31	86,33	63,35	84,48	85,48	69,52	62,21	82,54	56,66
<b>IA (%)</b>	58,3	72	54,83	68,24	73,33	50	52	80,61	38

La seule exception a été enregistrée en mois d'avril où les Diatomophycées représentées principalement par *Nitzschia amphibia* (Io=64,28%, Iab=87,29%, Iv=61,4% et IA=37,9%) ont été les plus abondants dans les contenus des tubes digestifs des individus disséqués ainsi qu'au niveau de l'eau des étangs avec une densité cellulaire de  $3,8.10^4$  cellules, filaments et colonies/l.

Les espèces de Chlorococcales principalement *Coelastrum microporum* var. *microporum* et *Scenedesmus protuberans* ont été les plus dominantes et les plus consommées le long de la période d'étude, en plus de ces deux espèces s'ajoute *Pediastrum simplex* var. *sturmii* qui domine de mars à juillet 2013 et *Kirchnerella obesa* qui domine d'août 2013 à mars 2014 (figure 68).

Régime alimentaire des carpillons dans les étangs de la Deroua

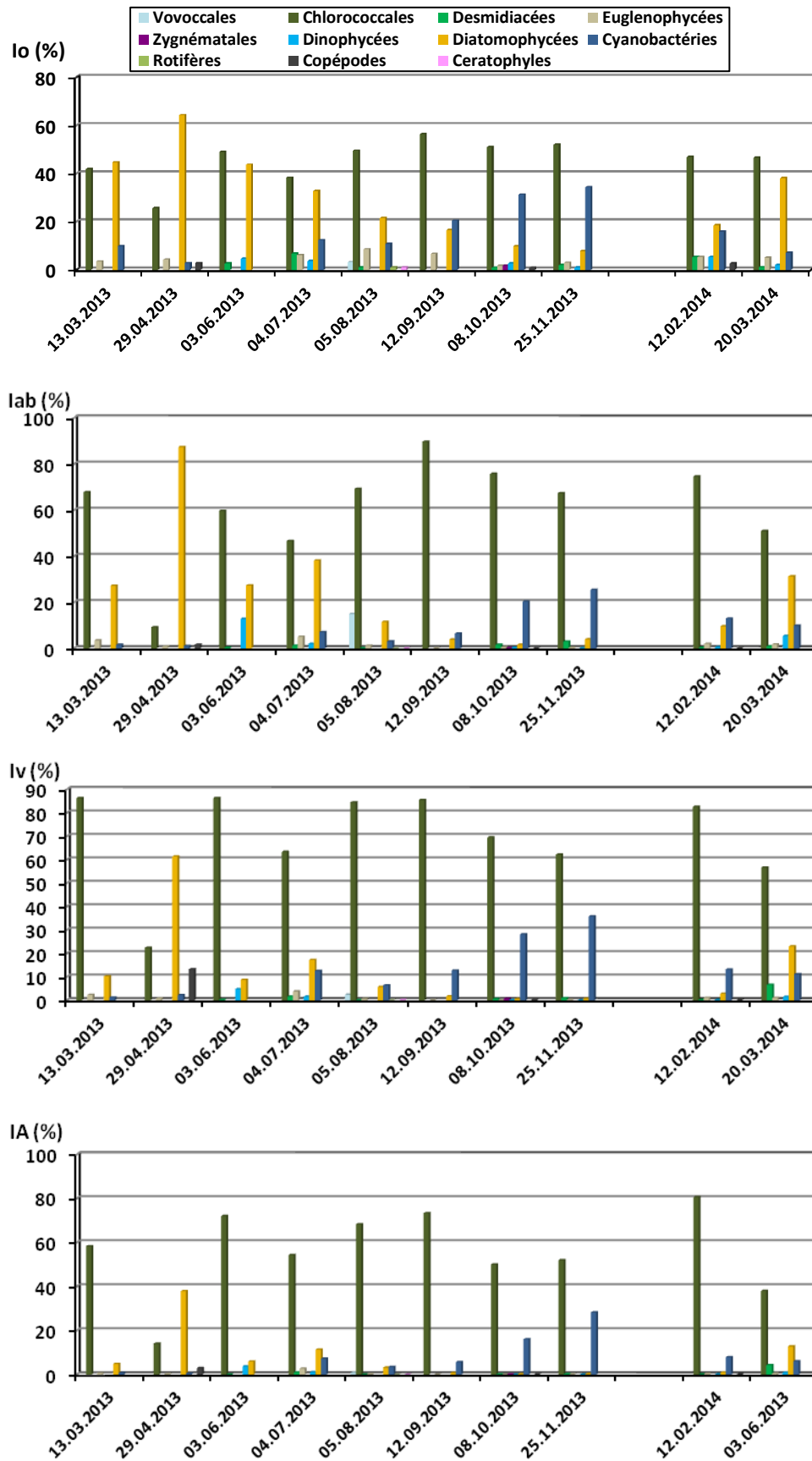


Figure 68 : Evolution mensuelle des indices d'occurrence (Io), d'abondance (Iab), volumétrique (Iv) et alimentaire (IA) en pourcentage des groupes d'items proies dans les contenus des tubes digestifs des carpillons de la carpe argentée en polyculture (CA+CH+CC).

**b. En élevage (CA+CH)**

Pour les carpillons argentées produits en élevage (CA+CH), les Chlorococcales ont été des proies accessoires durant toute la période de suivi (tableau 35):

**Tableau 35 : Valeurs de l'indice d'occurrence des Chlorococcales répertoriées au niveau des contenus des tubes digestifs des carpillons de la carpe argentée en élevage (CA+CH)**

Mois	Mars 2013	Avril	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Fév. 2014	Mars
<b>Io (%)</b>	26,57	26,72	31,42	43,75	55,24	43,22	50,79	30,37	32,71	50,87

De mars à juin 2013, les Diatomophycées ont été aussi des proies accessoires dans le régime alimentaire de cette espèce (avec Io = 58,74%, 47,41% et 39,43% enregistrés respectivement en mars, avril et juin), ainsi les Cyanobactéries ont constitué aussi un aliment accessoire en septembre (Io=34%), octobre (Io=26,98%), novembre 2013 (Io=22,22%) et février 2014 (Io=20,98%) (figure 69). Cependant, les Chlorococcales (*Coelastrum microporum var. microporum* et *Scenedesmus protuberans*) forment l'essentiel des groupes présents dans les contenus des tubes digestifs testés durant tout les mois de suivi.

Malgré que les Cyanobactéries (IA=60,47%) ont été des proies dominantes dans le profil alimentaire de cette espèce en mois de novembre (représentées surtout par *Microcystis wesenbergii* avec IA=58,05%), les Chlorococcales restent les plus dégradées et donc les plus consommées. Les Diatomophycées (*Nitzschia amphibia*, *Nitzschia linearis* et *Navicula veneta*) ont été aussi consommées par ces poissons surtout en mars (IA=16,25%) et juin 2013 (IA=12,77%) où elles ont été des aliments importants dans le profil alimentaire de l'espèce.

**c. En monoculture CA**

En monoculture CA, la carpe argentée se nourrissait essentiellement de Diatomophycées pendant le printemps 2013 (mars à juin) (où Io=49,45% en mars ; Io=66,15% en avril et Io=38% en juin) et de Chlorococcales pendant le reste de la période (été, automne et hiver) (avec Io=28% en juillet ; Io=40,15% en août, Io=49,38% en septembre, Io=43% en octobre, Io=50,87% en novembre 2013, Io=53,22% en février 2014 et Io=55,24% en mars 2014) (figure 70).

Quantitativement, les Diatomophycées (en particulier *Nitzschia linearis*) ont été les aliments les plus importants en volume de proies en mars (Iv=31,7%), en avril (Iv=30,21%) et en août 2013 (Iv=43%), les Desmidiacées abondent en octobre (Iv=28,99%) avec une dominance quasi totale de *Cosmarium binum* (Iv=28,3%). Durant les autres mois, les

Régime alimentaire des carpillons dans les étangs de la Deroua

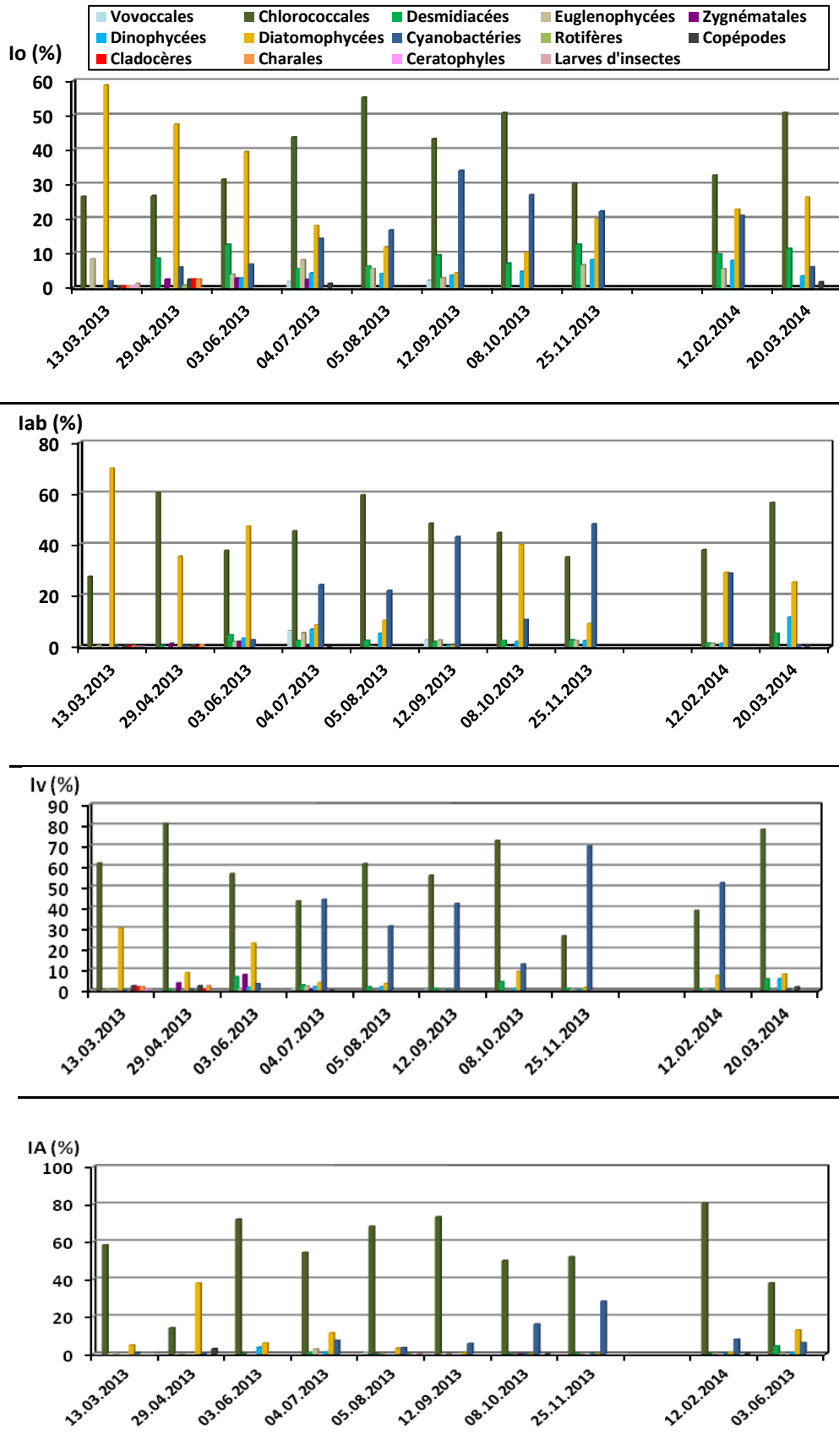


Figure 69: Evolution mensuelle des indices d'occurrence (Io), d'abondance (Iab), volumétrique (Iv) et alimentaire (IA) en pourcentage des groupes d'items proies dans les contenus des tubes digestifs des carpillons de la carpe argentée en élevage (CA+CH).

Régime alimentaire des carpillons dans les étangs de la Deroua

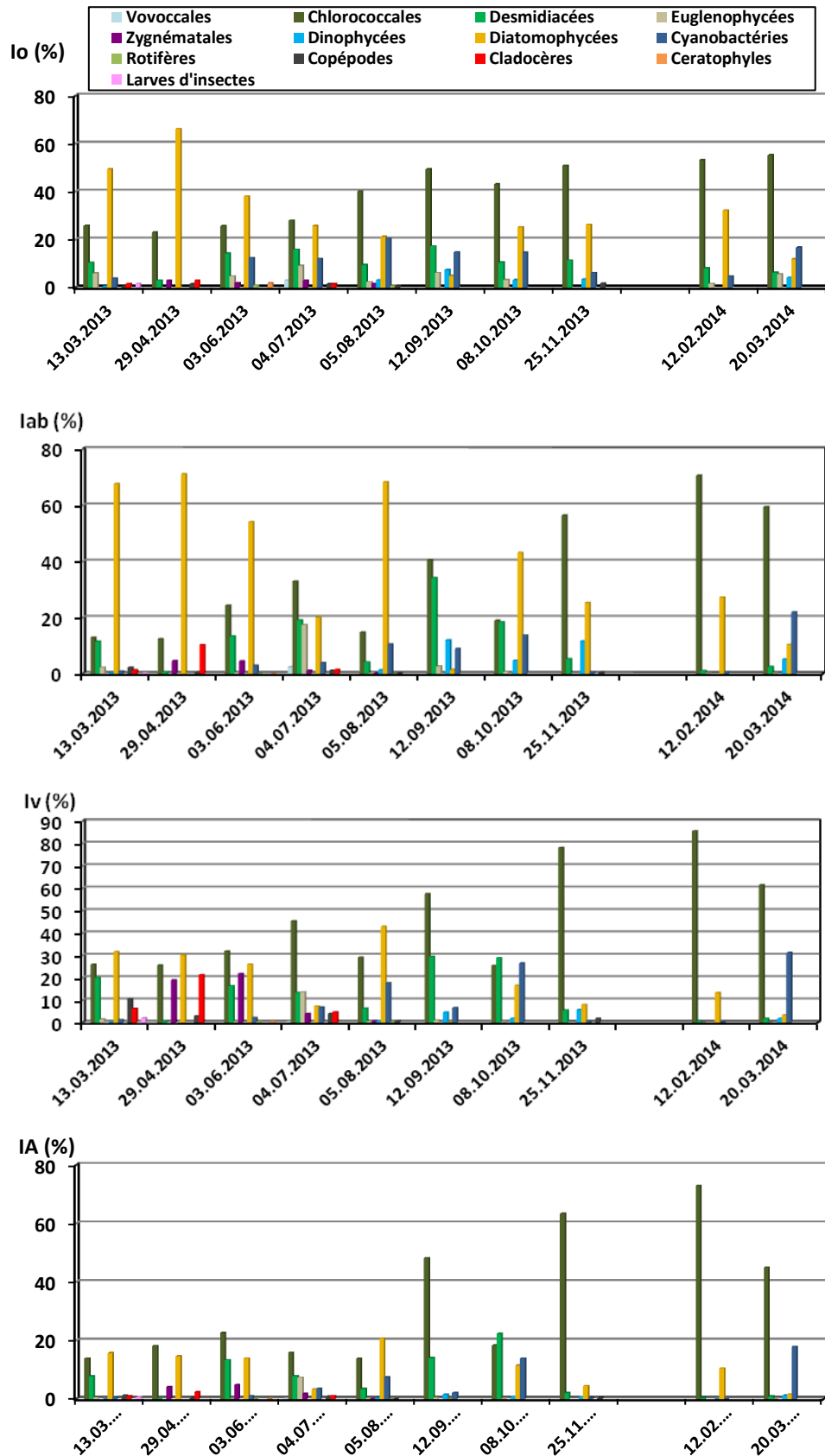


Figure 70: Evolution mensuelle des indices d'occurrence (Io), d'abondance (Iab), volumétrique (Iv) et alimentaire (IA) en pourcentage des groupes d'items proies dans les contenus des tubes digestifs des carpillons de la carpe argentée en monoculture CA.

Chlorococcales principalement *Pediastrum simplex var. sturmii* et *Coelastrum microporum var. microporum* étaient les proies les plus important du spectre alimentaire de l'espèce.

L'indice alimentaire a indiqué que la carpe argentée a globalement eu une préférence pour les Chlorococcales (*Pediastrum simplex var. sturmii* et *Coelastrum microporum var. microporum*, *Coelastrum reticulatum var. reticulatum* et *Scenedesmus protuberans*) durant toute la période d'étude, à l'exception du mois de mars (IA=15,73%), d'avril (IA=14,66%), de juin (IA=13,89%) et d'août 2013 (IA=20,74%), où les Diatomophycées (*Nitzschia amphibia*, *Nitzschia linearis*, *Cymbella turgidula*) ont été les proies les plus importantes et les plus dégradées.

### 3.2.2 Evolution mensuelle du régime alimentaire des carpillons de la carpe herbivore

#### a. En polyculture (CA+CH+CC)

L'analyse des proportions des items alimentaires sur la base de leurs valeurs de l'indice d'occurrence (Io) a montré que chez les carpillons de la carpe herbivore élevés en polyculture (CA+CH+CC), les Zygnématales (surtout *Spirogyra majuscula*) constituaient les principales proies identifiées dans les contenus de tubes digestifs étudiés avec Io de 66,68% et 40% respectivement en mars et juillet 2013. Les Characées (Io=38%) (*Chara vulgaris*), les Rotifères (Io=23,8%) (*Philodina sp.*), les Copépodes (Io=19%) (*Cyclops sp.*) et les Cladocères (Io=14,28) (*Bosminida sp.*) ont été les aliments les plus consommés en avril 2013. Les autres mois ont été caractérisés par la dominance des Ceratophyles (*Ceratophyllum submersum*). Le Gazon est consommé de manière importante dès le mois de septembre (Io=36,36% en septembre; Io=26,92% en octobre; Io=38,88% novembre ; Io=33,33% février et Io=23,33% mars) (figure 71).

Les résultats de l'indice d'abondance (Iab), de l'indice volumétrique (Iv) et de l'indice alimentaire (IA) ont indiqué que les Zygnématales (surtout *Spirogyra majuscula*) sont les composants principaux de la nourriture de cette espèce en mars 2013 (Iab=93,9% ; Iv=99,44% et IA=88,39%) et en juillet 2013 (Iab=53,41% ; Iv=55,87% et IA=41,39%), alors qu'en avril 2013 (Iab=72,99% ; Iv=84% et IA=74,69%) et juin 2013 (Iab=53,61% ; Iv=65,64% et IA=58,34%) c'est *Chara vulgaris* qui domine. D'août 2013 à mars 2014, l'espèce *Ceratophyllum submersum* prolifère au niveau des étangs étudiés et constitue l'aliment le plus important de la composition alimentaire de ce poisson.



Régime alimentaire des carpillons dans les étangs de la Deroua

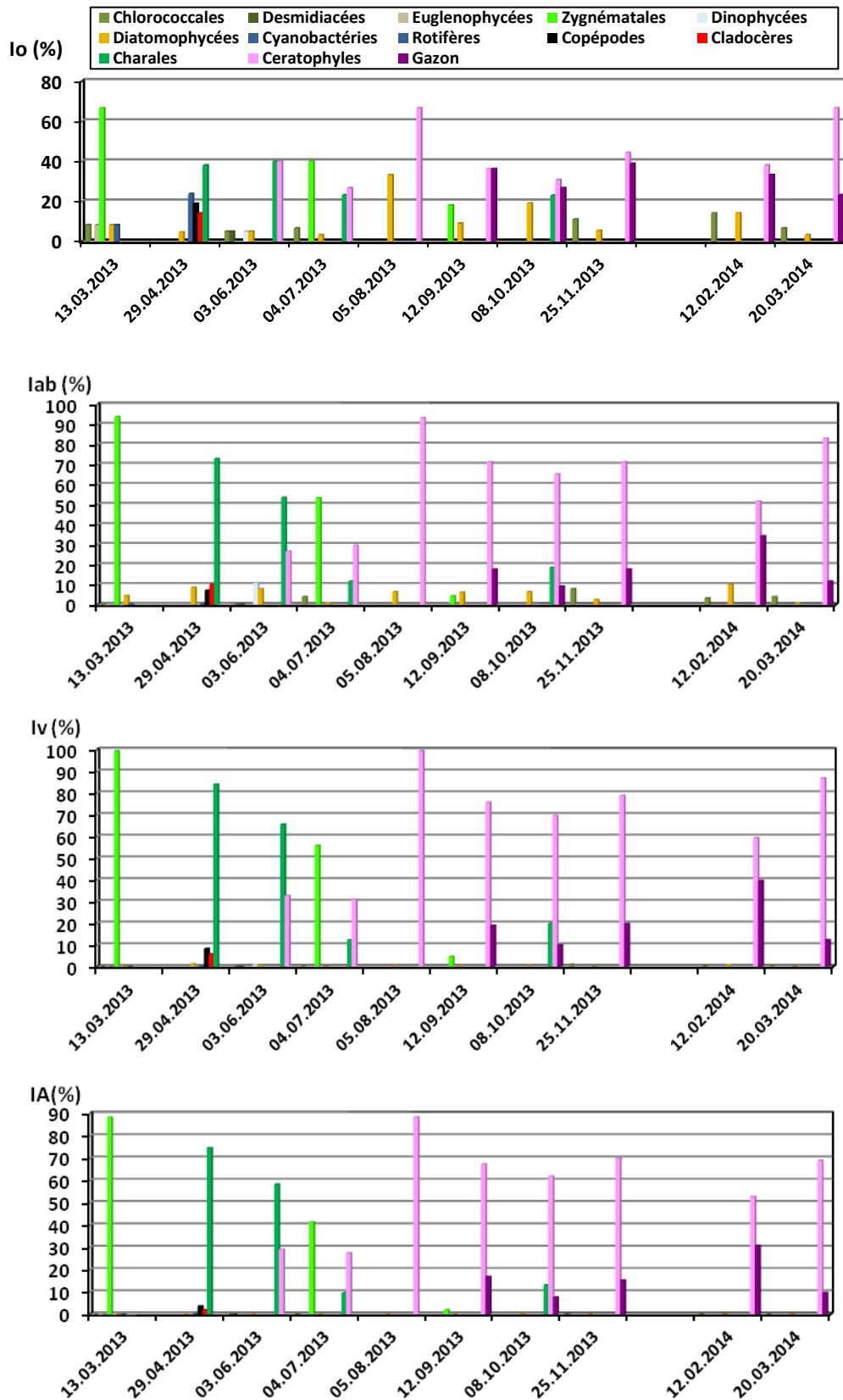


Figure 71 : Evolution mensuelle des indices d'occurrence (Io), d'abondance (Iab), volumétrique (Iv) et alimentaire (IA) en pourcentage des groupes d'items proies dans les contenus des tubes digestifs des carpillons de la carpe herbivore en polyculture (CA+CH+CC).

b. En élevage (CA+CH)

Concernant les carpillons de la carpe herbivore élevés en mode d'élevage (CA+CH), elles se nourrissent essentiellement de Ceratophyles (*Ceratophyllum submersum*), de Characées (*Chara vulgaris*) et de Zygnématales (*Spirogyra majuscula*) de mars à octobre. A partir du mois d'août s'ajoute à l'alimentation une proportion non négligeable du Gazon ( $I_o > 20\%$ ). Novembre 2013, février 2014 et mars 2014 ont été marqués par la dominance de *Ceratophyllum submersum* dans les contenus digestifs étudiés.

Sur la base des quatre indices alimentaires, les proies les plus régulières dans les contenus des tubes digestifs analysés ont été *Ceratophyllum submersum* avec  $I_o > 20\%$  durant toute la période de suivi (figure 72).

Aussi, a-t-on observé que *Chara vulgaris* est l'aliment le plus consommé en mars ( $I_A = 56,78\%$ ) et en juin ( $I_A = 55,77\%$ ), et *Ceratophyllum submersum* est le plus préférédurant le reste de la période de suivi ( $I_A > 30\%$ ). Le Gazon forme l'essentiel des proies présentes en septembre avec  $I_A = 37,95\%$  et il a constitué un item proie important ( $10 < I_A < 25$ ) en octobre et novembre 2013 et en mars 2014.

Il a été également observé chez cette espèce la présence de la matière organique morte dans les contenus digestifs pendant les mois de septembre, d'octobre et de novembre avec  $I_o > 20\%$ . Les Chlorococcales, les Desmediacées, les Diatomophycées et les Cyanobactéries ont été aussi inventoriées avec  $I_o < 20\%$ . Néanmoins, les espèces phytoplanctoniques se trouvent non digérées dans les contenus digestifs examinés.

Régime alimentaire des carpillons dans les étangs de la Deroua

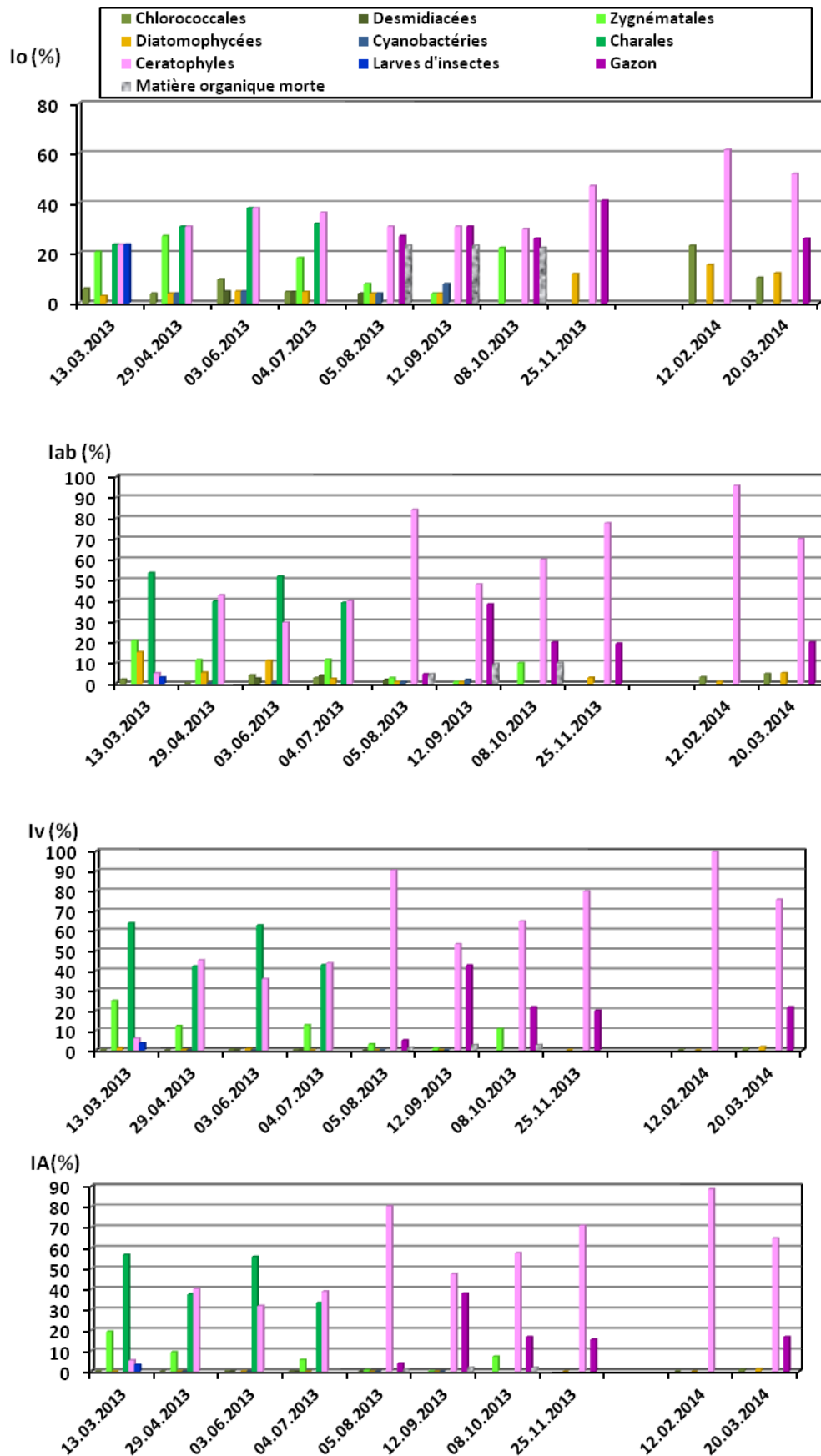


Figure 72: Evolution mensuelle des indices d'occurrence (Io), d'abondance (Iab), volumétrique (Iv) et alimentaire (IA) en pourcentage des groupes d'items proies dans les contenus des tubes digestifs des carpillons de la carpe herbivore en élevage (CA+CH).

### 3.2.3 Evolution mensuelle du régime alimentaire des carpillons de la carpe commune en polyculture (CA+CH+CC)

En ce mode d'élevage, la carpe argentée présente un régime alimentaire assez diversifié (figure 73).

L'analyse des contenus des tubes digestifs des carpillons de la carpe commune a montré que cette espèce à un régime alimentaire qui varie en fonction de la disponibilité de la nourriture et de la saison. Au début de l'expérience (mars 2013), nous avons observé que ce poisson se nourrit essentiellement de *Ceratophyllum submersum* (Io= 29,62% ; Iab=3,44% ; Iv=12% et IA=10,69%), de larves d'insectes (Io=29,6% ; Iab=3,44% ; Iv=12% et IA=10,69) et de Copépodes (*Cyclops sp.*) (Io= 18,51% ; Iab=13,79% ; Iv=48,12% ; IA=26,73%).

A partir d'avril 2013 et jusqu'à mars 2014, le régime alimentaire a été sélectif et dominé qualitativement et quantitativement par les Graines de végétaux : (Io=18,6% ; Iv=44,96%) en avril ; (Io=30,76% ; Iv=93,1%) en juin ; (Io=30,76% ; Iv=84,34%) en juillet ; (Io=30,76% ; Iv=75,65%) en août ; (Io=31,99% ; Iv=64,51%) en septembre ; (Io=23,52% ; Iv=32,16%) en octobre ; (Io=24,99% ; Iv=16%) en novembre 2013 ; (Io=29,62% ; Iv=18%) en février et (Io=23,52% ; Iv=42,16%) en mars 2014. *Ceratophyllum submersum* a été de juillet à mars 2014, une proie accessoire (Io>20%) dans l'alimentation de ces carpes.

Sur la base de l'indice alimentaire IA, les graines de végétaux ont été l'aliment le plus régulier dans les contenus digestifs d'avril 2013 à mars 2014 et elles ont été les proies les plus dominantes dans le profil alimentaire de l'espèce en juin (IA=82,75%), en juillet (IA=74,97%), en août (IA=67,24%) et en septembre (IA=57,34%). Nous avons observé aussi quelques fragments de *Chara vulgaris* dans l'alimentation de ces carpillons (en avril (IA=19,98%), juin (IA=2,89%) et juillet (IA=0,18%)). *Ceratophyllum submersum* constitue l'aliment le plus important en août (IA=16,81%) et octobre 2013 (IA=18,73%) et en mars 2014 (IA=18,73%), et elle forme l'essentiel des proies présentes dans les contenus des tubes digestifs étudiés en novembre 2013 (IA=42,66%) et en février 2014 (IA=48,21%). La matière organique morte apparaisse dans l'alimentation de cette espèce à partir d'août 2013, pour couvrir ses besoins alimentaires.

### 3.3 Evolution saisonnière de la prise alimentaire des carpes

#### 3.3.1 Cas de la carpe argentée

Pour les trois associations, nous n'avons pas observé une grande variabilité du rythme alimentaire durant le cycle de l'année (figure 74). Pendant le printemps et quelque soit le mode d'élevage, les items alimentaires couramment consommés sont respectivement les Diatomophycées (en particulier *Navicula veneta* et *Nitzschia amphibia*) et les Chlorococcales (*Coelastrum microporum var. microporum*, *Coelastrum reticulatum var. reticulatum*, *Scenedesmus protuberans* et *Pediastrum simplex var. sturmi*). Les Chlorococcales (*Coelastrum microporum var. microporum*, *Scenedesmus protuberans* et *Pediastrum simplex var. sturmi*) sont les items alimentaires les plus fréquents dans les tubes digestifs de la carpe argentée pendant l'été, l'automne et l'hiver.

Les habitudes alimentaires annuelles sont étroitement liées à la saison d'abondance de nourriture (Popova & Sytina, 1977).

Régime alimentaire des carpillons dans les étangs de la Deroua

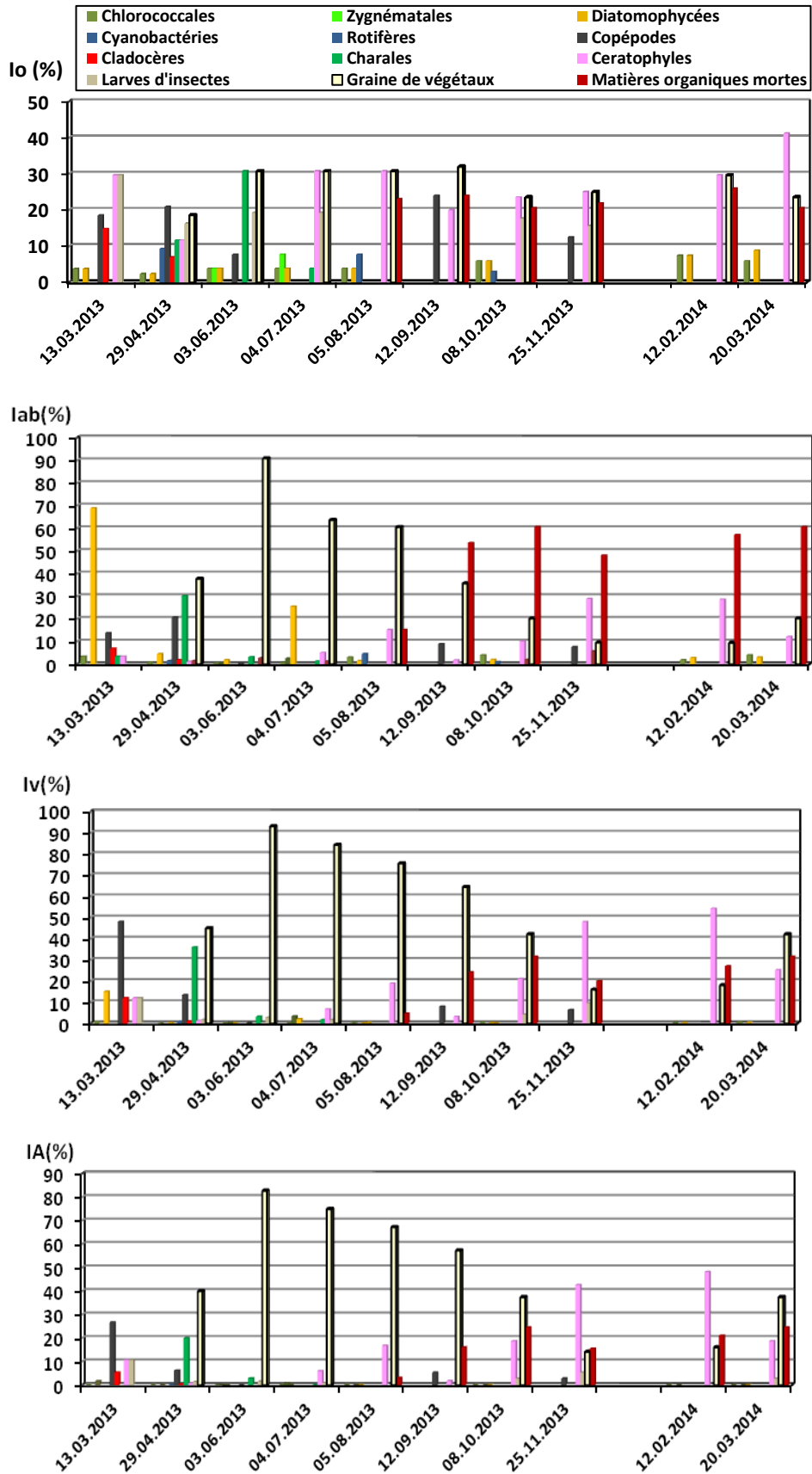


Figure 73: Evolution mensuelle des indices d'occurrence (Io), d'abondance (Iab), volumétrique (IV) et alimentaire (IA) en pourcentage des groupes d'items proies dans les contenus des tubes digestifs des carpillons de la carpe commune en polyculture (CA+CH+CC).

Régime alimentaire des carpillons dans les étangs de la Deroua

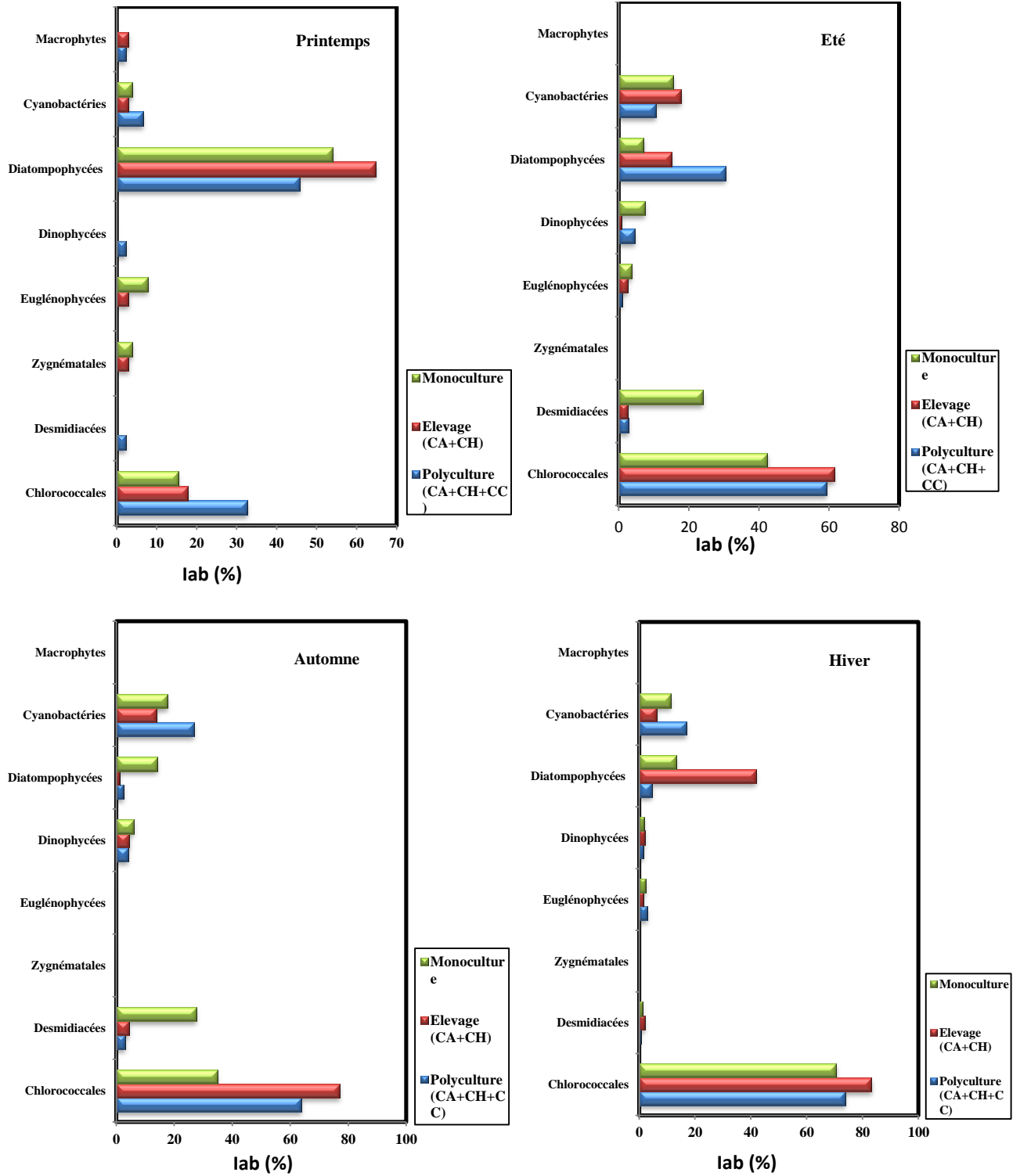


Figure 74: Pourcentage d'abondance (Iab) des grands groupes d'items proies en fonction de la saison et du mode d'élevage dans les contenus des tubes digestifs de la carpe argentée (*Hypophthalmichthys molitrix*).

### 3.3.2 Cas de la carpe herbivore

Sur la base de l'indice d'abondance des items alimentaires trouvés durant les quatre saisons pour les deux modes d'élevage, la carpe herbivore consomme principalement *Ceratophyllum submersum* (figure 75).

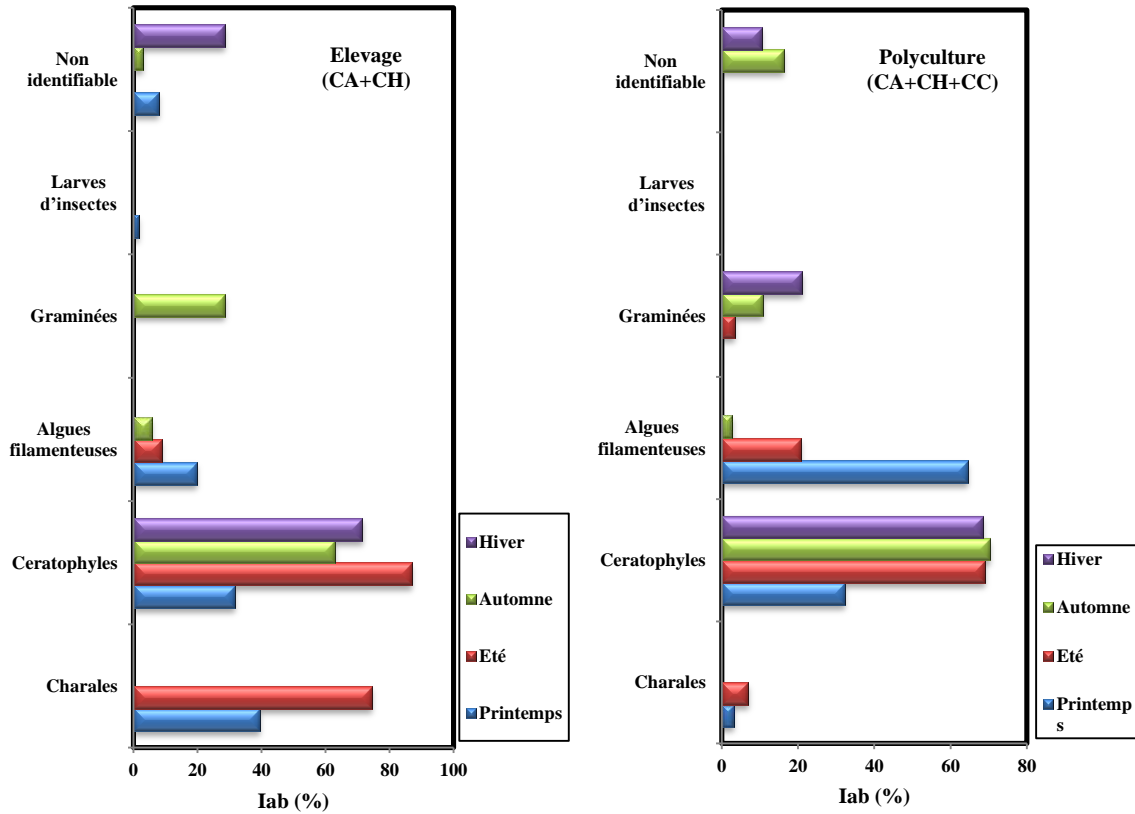


Figure 75: Pourcentage d'abondance (Iab) des grands groupes d'items proies en fonction de la saison et du mode d'élevage dans les contenus digestifs de la carpe herbivore (*Ctenopharyngodon idella*).

### 3.3.3 Cas de la carpe commune

En se basant sur l'abondance relative des proies, l'analyse des contenus des tubes digestifs examinés a montré que la carpe commune consomme principalement des détritits, de la matière organique en cours de dégradation (*Ceratophyllum submersum*, *Chara vulgaris*) et des graines de végétaux (figure 76).

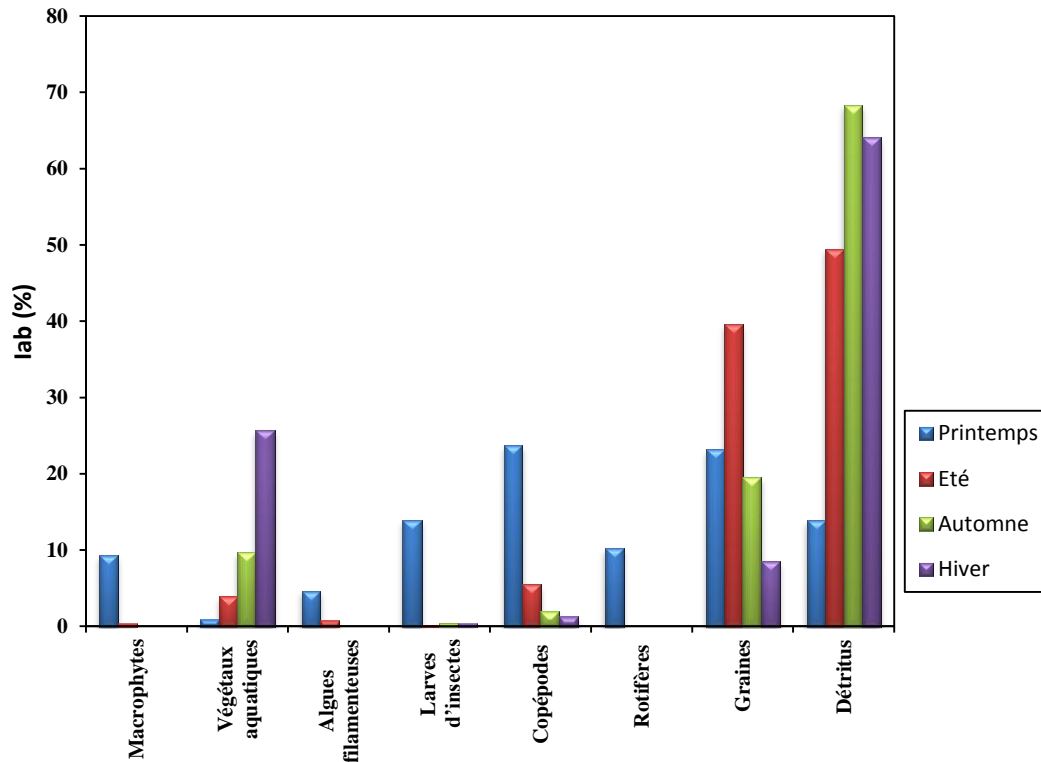


Figure 76: Pourcentage d'abondance (Iab) des grands groupes d'items proies en fonction des saisons dans les contenus digestifs de la carpe commune (*Cyprinus carpio*).

#### 4. Discussion

##### a. Coefficient de vacuité

La variation saisonnière du coefficient de vacuité (en polyculture (CA+CH+CC) : CV=3,7% en été et CV=5,55% en automne), (en élevage (CA+CH) : CV=16,67% en hiver) et (en monoculture CA : CV=14,81% en printemps, CV=3,7% en été et CV=22,22% en hiver), traduit que la carpe argentée présente un rythme saisonnier d'activité alimentaire. Dans le milieu naturel, la disponibilité de la nourriture est l'un des facteurs environnementaux les plus importants qui affecte la survie des animaux (Milot et Bégout, 2009 ; Sánchez-Vázquez et al., 1994).

Chez la carpe herbivore en *élevage* (CA+CH), le coefficient de vacuité le plus élevé (22,22%) est enregistré en hiver, ce qui explique l'effet des basses températures sur la diminution de l'activité alimentaire de cette espèce.

##### b. Variation du régime alimentaire

###### *Carpe argentée*

Selon Balvay, 1995 les poissons présentent généralement une grande plasticité dans leur comportement alimentaire qui facilite leur adaptation à des écosystèmes aquatiques variant spatialement ou temporellement.

Nous avons observé qu'en *polyculture* (CA+CH+CC), le régime alimentaire de la carpe argentée ne présente pas une grande variation selon la saison. La seule variation est



enregistrée au printemps 2013 où il a été enregistré dans les contenus digestifs une grande abondance de Diatomophycées (*Navicula veneta*, *Nitzschia amphibia* et *Gomphonema intricatum*). Il semblerait en effet que cette espèce de poisson a eu une préférence alimentaire aux Chlorococcales principalement *Coelastrum microporum* var. *microporum*, *Scenedesmus protuberans*, *Kirchneriella obesa* et *Pediastrum simplex* var. *sturmii*. A signaler que *Coelastrum microporum* var. *microporum* et *Scenedesmus protuberans* ont été les espèces les plus abondantes, de juillet à mars 2014, dans les étangs de production de CA en polyculture (CA+CH+CC). Paugy et Lévêque (2006) trouvent que la diversité de l'alimentation tributaire de la richesse des proies ingérées est vraisemblablement dépendante des proies disponibles dans le milieu. Ces résultats corroborent ceux trouvés par Moutsinga et al., 2012 qui ont montré que la composition du menu des poissons dépend surtout des préférences des poissons et de l'abondance relative des divers aliments à leur portée, sous réserve que, du fait de leur taille et de leur situation, ces aliments soient susceptibles d'être absorbés.

En élevage (CA+CH), Les groupes d'items proies abondants et récurrents dans la composition alimentaire de l'espèce ont été respectivement les Chlorococcales (dominants quantitativement de mars (Io=61,76%) à octobre 2013 (Iv=72,67%) ainsi qu'en mars 2014 (Iv=78,08%)), les Diatomophycées (en mars (Iv=30,25%) et juin 2013 (Iv=23%)) surtout les espèces *Nitzschia amphibia*, *Nitzschia linearis* et *Navicula veneta* et les Cyanobactéries (les plus importants en volume de proies en novembre 2013 (Iv=69,97%) et en février 2014 (Iv=52,24%)). Ces Cyanobactéries représentées principalement par *Microcystis wesenbergii* sont les plus dominantes dans les contenus digestifs examinés en ce mois, mais elles ne sont pas digérées. Dokulil, 1979 ; Vörös et al., 1997 ont rapportés qu'une grande partie des cellules phytoplanctoniques, en particulier les Cyanobactéries, peut suivre un transit intestinal sans être digérée. Ainsi, Hasnaoui et al. 2002a rapportent que l'analyse des pelotes fécales des carpillons de l'étang de la Deroua a révélé l'existence d'un grand nombre de colonnie de *Microcystis aeruginosa*.

Généralement, nous pouvons constater que la carpe argentée a eu une préférence alimentaire pour les Chlorococcales principalement *Coelastrum microporum* var. *microporum* et *Scenedesmus protuberans* puisque ces deux espèces ont été les plus dégradées.

En monoculture CA, nous avons observé que les Chlorococcales (*Coelastrum microporum* var. *microporum* et *Pediastrum simplex* var. *sturmii*) sont les proies préférées durant toute la période d'étude, et que les Diatomophycées sont les plus consommées au printemps 2013 mais elles sont moins digérées que les Chlorococcales. Ceci pourrait s'expliquer par l'abondance des Diatomophycées au niveau des étangs. Ainsi ce mode d'élevage est marqué par des faibles densités des communautés phytoplanctoniques suite à la prolifération des macrophytes au fond des étangs durant toute la période d'étude.

L'évolution saisonnière constatée dans les régimes alimentaires des carpillons de la carpe argentée soit en polyculture (CA+CH+CC), en élevage (CA+CH) ou en monoculture CA est sous la dépendance des variations quantitatives et qualitatives des proies dans les milieux de production.

### Carpe herbivore

En polyculture (CA+CH+CC), les carpillons de la carpe herbivore ont un régime sélectif dominé qualitativement et quantitativement par l'espèce *Ceratophyllum submersum*. Au printemps 2013, l'abondance de *Spirogyra majuscula* et le développement progressif du *Chara vulgaris* ont contribué à la dominance de ces deux espèces au niveau des contenus des tubes digestifs examinés.

Par la suite et à partir de juin 2013, la dominance de *Ceratophyllum submersum* dans le profil alimentaire de l'espèce est liée à la prolifération de cette espèce au niveau des étangs. Ces poissons ont consommé également du Gazon (photo 26).



Photo 26: gazon sur les berges de l'étang.

Nous pouvons constater que le régime alimentaire est intimement lié à la disponibilité des individus proies durant les saisons. Ceci est en accord avec Sánchez-Vázquez et al., 1994 qui rapportent que les variations naturelles journalières et saisonnières de la disponibilité de nourriture dans le milieu naturel conditionnent le rythme d'activité alimentaire chez les poissons.

La variation du régime alimentaire chez les poissons serait liée à la disponibilité du type de nourriture et le comportement opportuniste des poissons qui en général consomment préférentiellement les proies les plus abondantes dans le milieu (Lauzanne, 1988).

En élevage (CA+CH) comme en polyculture (CA+CH+CC), la carpe herbivore présente une préférence alimentaire pour *Ceratophyllum submersum* et *Chara vulgaris*. Selon Shireman et Smith (1983), Dibble et Kovalenko (2009), les adultes de la carpe herbivore sont sélectifs dans le choix des plantes qu'ils consomment, préférant les plantes immergées avec des feuilles douces et des tissus mous.

Ainsi, nous avons constaté qu'au niveau des étangs de la Deroua, la carpe herbivore préfère consommer plus qu'une plante surtout lorsque l'aliment préféré (*Ceratophyllum submersum* et *Chara vulgaris*) est rare ou absent. Dans notre cas, cette espèce de poisson se nourrit en plus de l'aliment préféré, de l'algue filamenteuse *Spirogyra majuscula* et du gazon.

Ces résultats sont en accord avec ceux trouvés par Cudmore et Mandrak (2004) et Pípalová, (2006) qui rapportent que, les carpes herbivores consomment les espèces préférées en premier jusqu'à ce qu'elles deviennent rares. Cudmore et Mandrak (2004) ajoutent que d'autres espèces de plantes sont aussi consommées si celles préférées sont absentes, comme des algues filamenteuses ou des macrophytes avec des feuilles plus dures.

A noter que la préférence pour les algues filamenteuse semble décroître avec l'âge (Masser, 2002). Cependant, l'ordre de préférence des plantes consommées varie en fonction des conditions environnementales et est difficilement prévisible (Dibble et Kovalenko, 2009).

Dibble et Kovalenko (2009) ont montré aussi que, lorsque la quantité de macrophytes est trop faible, les carpes herbivores adultes peuvent ingérer du benthos, du zooplancton, ou des crustacés. Ce qui explique la présence de la matière organique morte dans les contenus des tubes digestifs étudiés.

### **Carpe commune**

La proportion des deux espèces *Ceratophyllum submersum* et *Chara vulgaris* trouvées dans les contenus des tubes digestifs des carpillons de la carpe commune examinés provienne des déjections de la carpe herbivore puisque nous avons observé que cette espèce ne digère pas toute la fraction végétale qu'elle consomme. Ceci est en accord avec les résultats de Galveston Bay Foundation (2002) qui rapporte que, la carpe herbivore a un système digestif peu performant en ce qui concerne les plantes et il rajoute que cette espèce assimile moins de 50% de la matière végétale qu'elle consomme et excrète le reste partiellement digéré.

Selon Lamarra (1975), Qin et Threlkeld (1990), Haddad, 1996 et Cherifi et al (2002), la carpe commune est qualifiée d'omnivore à benthophage à l'âge adulte, elle se nourrit essentiellement du plancton dans le lac réservoir Bin El Ouidane. Au niveau des étangs de la Deroua, la Carpe commune se nourrit préférentiellement des Graines de végétaux (photo 27), du *Ceratophyllum submersum*, du *Chara vulgaris* et de la matière organique morte qui se trouvent au fond des étangs. Au début de l'expérience (surtout en mars 2013), lorsque ces types d'aliments sont rares voir non disponibles, les Copépodes, les Cladocères et les larves d'insectes sont les proies les plus importantes dans l'alimentation de cette espèce. Ce résultat a été trouvé par Marcel (1980) qui rapporte que la faune benthique monopolisera préférentiellement le régime de la Carpe commune. Pourtant, lorsque ce-dernier n'est plus disponible, le zooplancton de grosse taille sera la nourriture choisie. Lorsque la température est basse, les modifications de la faune tardent à intervenir et le régime à base d'éléments benthique peut persister jusqu'au mois de mai (Ranson, 2003).

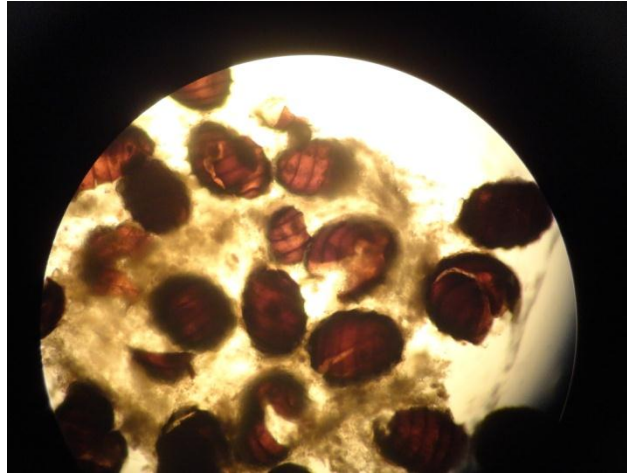


Photo 27 : Graines de végétaux

## 5. Conclusion

La disponibilité de la nourriture pour la carpe argentée, la carpe herbivore et la carpe commune peut varier considérablement en quantité et en qualité en fonction des saisons.

Le suivi saisonnier du régime alimentaire de la carpe argentée montre que quelque soit le mode d'élevage (polyculture (CA+CH+CC), élevage (CA+CH) ou monoculture CA) cette espèce présente une préférence alimentaire aux Chlorococcales principalement *Coelastrum microporum* var. *microporum*, *Pediastrum simplex* var. *strumii* et *Scenedemus protuberans*.

Les deux modes d'élevage pris en compte pour la carpe herbivore ont permis de constater que ce poisson consomme essentiellement *Ceratophyllum submersum* et *Chara vulgaris* (disponibles en grande quantité au niveau des étangs étudiés). Pour la carpe commune, les graines de végétaux et les détritits sont les items alimentaires les plus fréquents dans les contenus des tubes digestifs analysés.

Ces résultats ont montré que la composition du menu de ces carpes dépend surtout des adaptations anatomiques et physiologiques de chaque espèce déterminant partiellement leur niche écologique et des préférences de ces poissons et l'abondance relative des divers aliments à leur portée, sous réserve que ces aliments soient susceptibles d'être absorbés ou consommés.

Pourtant au niveau des étangs de la Deroua et en climat semi aride, nous avons observé que le régime alimentaire d'une même espèce de carpe varie peu en fonction de la saison et du mode d'élevage. Il semblerait en effet que les poissons soient capables d'élargir leurs préférences alimentaires en fonction de la plus ou moins grande disponibilité des proies qu'ils consomment habituellement. Autrement dit, en période de carence, ils sont moins exigeants quant à la qualité de la nourriture.

Nous pouvons déduire qu'en plus de la variété alimentaire exploitée de façon préférentielle, les associations multi trophiques proposées permettent une meilleure utilisation des ressources de l'étang.

# Partie 3

---

## **ETUDE DES GENITEURS DE CARPES : PHYSICOCHIMIE DE L'EAU, COMMUNAUTES PLANCTONIQUES ET REGIME ALIMENTAIRE**

### **Chapitre 1**

**Effet du grossissement des géniteurs de carpes sur l'évolution physicochimique et planctonique de l'eau d'un étang**

### **Chapitre 2**

**Suivi du régime alimentaire des géniteurs de la carpe**

# Chapitre 1

---

## Effet du grossissement des géniteurs de carpes sur l'évolution physicochimique et planctonique de l'eau d'un étang

1. INTRODUCTION
2. MATERIEL ET METHODES
  - 2.1 Situation de l'étang de grossissement
  - 2.2 Echantillonnage
  - 2.3 Analyses physico-chimiques de l'eau
  - 2.4 Paramètres biologiques
3. RESULTATS
  - 3.1 Caractéristiques physico-chimiques
  - 3.2 Paramètres biologiques
4. DISCUSSION
5. CONCLUSION

## **Chapitre 1**

### **Effet du grossissement des géniteurs de carpes sur l'évolution physico-chimique et planctonique de l'eau d'un étang**

#### **1. Introduction**

Le phytoplancton est le premier maillon du réseau trophique indispensable pour transformer les éléments nutritifs et le gaz carbonique dissous en matière organique vivante. Il constitue l'une des principales ressources alimentaires du zooplancton. Son développement dépend de la richesse du milieu en phosphore et en azote et de la prédation exercée par le zooplancton. L'évolution saisonnière du phytoplancton dans l'étang dépend de la température, de la durée du jour (photopériode) et surtout de la disponibilité des nutriments.

L'objectif de notre étude est de suivre, sur une longue période (février 2013 à juin 2014), l'évolution saisonnière des descripteurs physico-chimiques et biologiques dans un étang de grossissement des géniteurs de carpes.

#### **2. Matériel et méthodes**

##### **2.1 Situation de l'étang de grossissement**

Le grossissement des trois espèces de carpes (Argentée, herbivore et commune) se fait communément dans la station Deroua depuis sa création. Afin de répondre à l'objectif spécifique de ce chapitre, nous avons choisi l'étang D2 qui présente une superficie de 300 m<sup>2</sup> et une profondeur de 1,5 m (figure 77) dans lequel, nous avons introduit le 15 janvier 2013, six géniteurs de la carpe argentée (3 mâles et 3 femelles) puis 3 géniteurs de la carpe herbivore et 3 géniteurs de la carpe commune le 25 mars 2014. Ces déversements successifs vont nous aider à évaluer l'effet de la polyculture sur l'évolution de l'ensemble des caractéristiques biotiques et abiotiques sachant bien que qu'il s'agira d'une chaîne multi-trophique.



*Figure 77 : Localisation réelle de l'étang de grossissement étudié au niveau de la station de pisciculture de la Deroua.*

## **2.2 Echantillonnage**

Le travail de terrain a été organisé en échantillonnage mensuel de février 2013 à mars 2014 et en échantillonnage bimensuel entre avril et juin 2014.

Nous avons prélevé un échantillon d'eau composite en vue d'effectuer des analyses physico-chimiques ultérieures au laboratoire.

## **2.3 Analyses physico-chimiques de l'eau**

Les méthodes d'analyse de l'eau de l'étang sont données en tableau 7 de la première partie.



## **2.4 Paramètres biologiques**

La procédure de prélèvement d'eau, la détermination et le dénombrement des espèces du phytoplancton et du zooplancton ont été détaillés dans le chapitre 1 de la partie 1.

## **3. Résultats**

### **3.1 Caractéristiques physico-chimiques**

#### **3.1.1 Variations mensuelles**

L'évolution mensuelle des paramètres physico-chimiques de l'eau de l'étang (D2) sont données sur la figure 78.

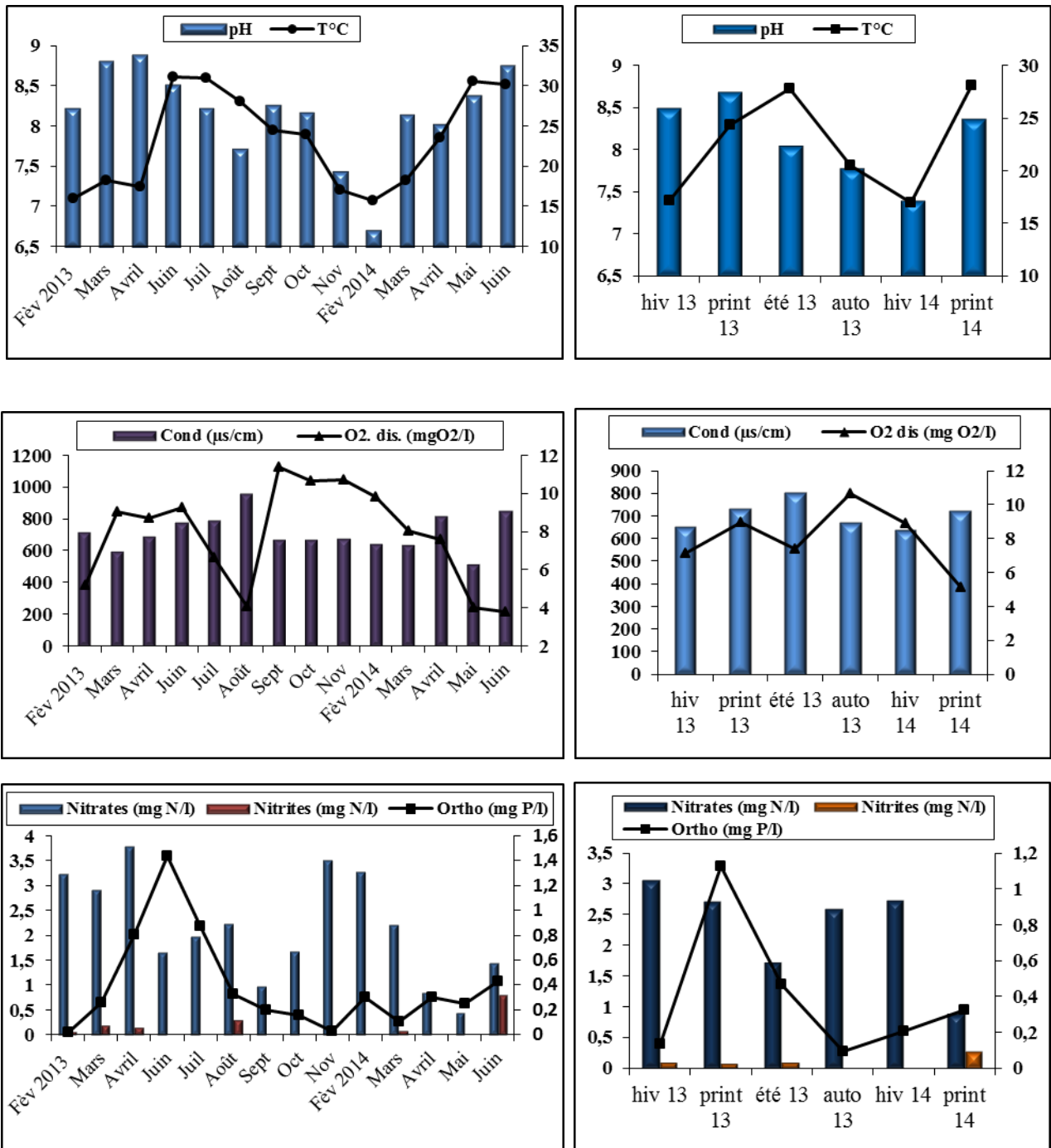
Durant la période d'étude (février 2013 à juin 2014), la température de l'eau de l'étang D2 varie généralement de 15,7 à 31,1°C. Les températures minimales ont été enregistrées au mois de février 2013 et 2014, où elles atteignent respectivement 16 et 15,7 °C. Les eaux se réchauffent progressivement pour atteindre des valeurs maximales en juin 2013 (31 °C) et en mai 2014 (30,5 °C). On peut dire que la température des eaux de l'étang de grossissement des géniteurs trace une évolution saisonnière. Elles sont plus froides en hiver montrant un minima de 17,15 et 16,95°C respectivement en hiver 2013 et 2014 et un maximum de 27,83°C en été 2013.

Le pH de l'eau n'accuse pas de grandes variations au cours de l'année ; les valeurs obtenues oscillent entre 7,42 et 8,87. Néanmoins, une diminution du pH (6,69) a été enregistrée en février 2014. D'une manière générale, l'évolution saisonnière du pH de l'eau dans cet étang a une tendance basique. Les valeurs du pH les plus élevées ont été observées pendant la période printanière (pH = 8,68) ; cette élévation est due à une augmentation de l'activité photosynthétique (la densité du phytoplancton est de  $1,5 \cdot 10^5$  individus, filaments et colonies/l en printemps 2013 et de  $1,45 \cdot 10^5$  cellules, filaments et colonies/l en printemps 2014). Les végétaux aquatiques consomment le CO<sub>2</sub> dissous (par respiration) et provoquent le déplacement de l'équilibre calco-carbonique. Ce phénomène tend à diminuer la concentration des ions H<sup>+</sup> et provoque l'augmentation du pH.

La conductivité électrique est proportionnelle à la quantité des sels ionisables dissous, elle constitue un bon indicateur du degré de minéralisation de l'eau. Les résultats obtenus montrent des valeurs qui fluctuent entre 513 et 959 µs/cm et témoignent d'une minéralisation assez importante.

L'oxygène dissous varie de 3,8 à 11,14 mg/l. En effet, les fortes concentrations notées en septembre, octobre et novembre 2013 (11,14 mg/l, 10,65 mg/l et 10,69 mg/l respectivement) sont liées à l'activité photosynthétique de *Chara vulgaris* et surtout de la macrophyte *Ceratophyllum submersum* qui ont montré une croissance importante. Le phytoplancton a montré aussi de fortes densités atteignant  $7,3 \cdot 10^5$  cellules, filaments et colonies/l en novembre 2013.

*Effet du grossissement des géniteurs de carpes sur l'évolution physico-chimique et planctonique de l'eau d'un étang*



**Figure 78 :** Variation mensuelle des paramètres physico-chimiques dans l'étang D2 de grossissement des géniteurs.

L'évolution de la teneur en oxygène dissous montre une variabilité dans le temps, les plus faibles valeurs ont été relevées fin printemps 2014 avec minimum de 4,03  $\text{mg/l}$  au mois de juin.

Les teneurs en nitrates varient généralement entre 0,44 et 3,78 mg/l. Les fortes valeurs sont enregistrées en février, mars, avril et novembre 2013 et en février 2014, elles ont été respectivement de 3,23 ; 2,92 ; 3,78 ; 3,51 et 3,28 mg/l.

L'évolution saisonnière de la concentration en nitrates montre un maximum en hiver et un minimum au printemps. En été les valeurs atteignent un maximum de 3 mg/l.

Les concentrations des nitrites varient entre 0,0023 et 0,773 mg/l. la teneur maximale obtenue en juin 2014 peut être expliquée par l'oxydation incomplète d'une partie de N-ammoniacal par les bactéries nitreuses en utilisant l'oxygène du milieu. La concentration minimale a été mesurée en automne. Cette augmentation est probablement expliquée par la réduction de  $\text{NO}_3^-$  en  $\text{NO}_2^-$ , les nitrates jouent dans ce cas le rôle de donneur d'oxygène et évite l'anaérobie.

Les valeurs d'orthophosphates enregistrées durant la période d'étude sont comprises entre 0,016 mg/l en février 2013 et 1,44 en juin 2013. L'évolution saisonnière de cet élément montre des concentrations élevées au printemps 2013 qui diminuent pour atteindre leur plus faible niveau en automne 2013.

## **3.2 Paramètres biologiques**

### **3.2.1 Caractérisation planctoniques**

Les variations abiotiques au niveau de l'étang D2 ont une influence directe sur les organismes qui le peuplent en particulier les producteurs primaires, le phytoplancton.

Durant la période d'étude s'étalant du février 2013 à juin 2014, nous avons répertorié 70 espèces phytoplanctoniques réparties en 7 classes et 6 espèces de zooplancton réparties en 3 classes. Des variations quantitatives importantes de la croissance planctonique d'une saison à l'autre sont distinguées (tableau 36):

- La phase hivernale 2013 marquée par la prolifération des Diatomophycées, représentées essentiellement par *Navicula veneta*, *Navicula cryptocephala* et *Nitzschia amphibia*.
- La phase printanière 2013 se caractérise par le développement excessif de *Chara vulgaris* et de la macrophyte *Ceratophyllum submersum* (photo 29) (la transparence de l'eau est élevée ; on voit clairement le fond de l'étang) et des algues filamenteuses dominées par *Spirogyra majuscula* et *Spirogyra varians* (photo 28). En parallèle, nous avons observé une abondance moyenne de la Desmidiacée *Cosmarium binum* et de la Diatomophycée *Gomphonema intricatum* fixée à *Chara vulgaris* et *Ceratophyllum submersum*. Elle représenté une partie du phytobentos.



Photo 28 : Développement de *Spirogyra* sp. en surface de l'étang D2.



Photo 29 : Développement des macrophytes au fond de l'étang D2.

- Lors de la phase estivale 2013, le développement des espèces citées au printemps continue sauf pour le phytoplancton qui présente un changement dans sa structure avec apparition de la Chlorococcale *Scenedesmus protuberans* et les Desmidiacées *Cosmarium binum* et *Staurastrum orbiculare* avec des densités importantes.
- La phase automnale 2013 se caractérise généralement par une faible abondance du phytoplancton (néanmoins une légère prolifération de la Diatomophycée *Tabellaria* sp. Sous forme de colonie a été observée). Cette faible abondance est probablement liée aux autres groupes végétaux (*Chara*, macrophyte et algues filamenteuses) qui persistent durant toute la saison.
- Durant la phase hivernale 2014, la disparition brutale des algues filamenteuses s'accompagne d'une abondance moyenne du phytoplancton.
- La phase printanière 2014 est marquée par une richesse phytoplanctonique avec une codominance des Dinophycées qui sont représentées par *Peridinium aciculiferum* et *Peridiniopsis elpatiewskii*, des Chlorophycées (*Scenedesmus protuberans* et *Coelastrum microporum* var. *microporum*), des Desmidiacées (*Staurastrum orbiculare*). Les Cyanobactéries (*Microcystis aeruginosa* et *Oscillatoria tenuis*) ont été répertoriées avec une abondance moyenne à faible.

Le zooplancton est présent durant toute la période de l'étude avec une abondance généralement faible avec une absence presque totale au printemps 2014 ceci peut être lié à la disposition des sites de prélèvements des échantillons, à l'effet de vent et/ou à la consommation par les géniteurs de carpes (poissons filtreurs) puisque l'analyse des contenus des tubes digestifs des géniteurs de carpes examinés montre l'existence de quelques espèces zooplanctoniques.

Effet du grossissement des géniteurs de carpes sur l'évolution physico-chimique et planctonique de l'eau d'un étang

Tableau 36: Espèces planctoniques inventoriées dans l'étang D2 de grossissement des géniteurs de carpes au cours des saisons.

	Hiver 2013	Print 2013	Été 2013	Auto 2013	Hiver 2014	Print 2014
<b>Chlorococcales</b>						
<i>Pediastrum simplex</i> var. <i>sturmii</i>	X	XX	X	X	X	X
<i>Pediastrum boryanum</i> var. <i>typicum</i>		X		X	X	X
<i>Pediastrum tetras</i>		X				
<i>Pediastrum angulosum</i>		X		X	X	X
<i>Pediastrum duplex</i> var. <i>typicum</i>		X				X
<i>Scenedesmus serratus</i>	X	XX	XX	XX	XX	X
<i>Scenedesmus protuberans</i>	X	X	XX	XXX	XXX	XXX
<i>Scenedesmus verrucosus</i>		X	X			X
<i>Scenedesmus acutus</i>			X	XX	XX	X
<i>Scenedesmus flexuosus</i>			X			
<i>Scenedesmus javanensis</i>		XX	XX			XX
<i>Scenedesmus crassus</i>			X	X	XX	
<i>Tetraedron caudatum</i>						X
<i>Tetraedron minimum</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Monographidium contortum</i>					X	X
<i>Coelastrum microporum</i> var. <i>microporum</i>		XX	XX	X	XX	XXX
<i>Coelastrum reticulatum</i> var. <i>reticulatum</i>	X	XX	X	XX	X	X
<i>Crucigenia tetrapedia</i>		X				XX
<i>Kirchneriella elongata</i>						X
<i>Kirchneriella obesa</i>				X	X	X
<b>Desmidiacées</b>						
<i>Closterium species</i>		X				
<i>Closterium aciculare</i>					X	XX
<i>Cosmarium binum</i>		XXX	XXX	XX	X	
<i>Cosmarium formosulum</i>		XX				XX
<i>Cosmarium botrystis</i>					X	
<i>Staurastrum dilatatum</i>			X		X	
<i>Staurastrum orbiculare</i>	X	XX	XXX	XX	X	XXX
<b>zygnématales</b>						
<i>spirogyra varians</i>	X	XX	X	X	X	
<i>Spirogyra majuscula</i>	X	XX	XX	XX		
<i>Zygnema sp</i>				X		
<b>Euglenophycées</b>						
<i>Euglena pisciformis</i>				X	X	XX
<i>Euglena texta</i>		X	XX	XX		X
<i>Euglena deses</i> var. <i>tenuis</i>		X	XX	XX		X
<i>Euglena variabilis</i>					XX	
<i>phacus orbicularis</i>				X		X
<i>Phacus horidus</i>	X				XX	X
<b>Dinophycées</b>						
<i>Peridiniopsis elpatiewskyi</i>		XX	XXX	XX		XXXX
<i>Peridinium aciculiferum</i>			X	X		XXXX
<b>Diatomophycées</b>						
<i>Amphora ovalis</i>	X			X		
<i>Navicula confervacea</i>	X					
<i>Navicula cryptocephala</i>	XXX					
<i>Navicula crucicula</i>	X					
<i>Navicula cuspidata</i>						X
<i>Navicula veneta</i>	XXXX				X	X
<i>Cymbella turgidulla</i>	X	XX				
<i>Cyclotella bodanica</i>	XX			X		
<i>Gomphonima intricatum</i>	X	XXX				

*Effet du grossissement des géniteurs de carpes sur l'évolution physico-chimique et planctonique de l'eau d'un étang*

<i>Tabellaria sp.</i>	XX			XXX		
<i>Nitzschia dissipata</i>	XX					
<i>Nitzschia sinuata</i>	X					
<i>Nitzschia linearis</i>	X					X
<i>Nitzschia amphibia</i>	X	XX		XX	XX	
<i>Gyrosigma attenuatum</i>						X
<b>Cyanobactéries</b>						
<i>Merismopedia punctata</i>	X		X	XX	X	X
<i>Merismopedia convoluta</i>			X	XX		XX
<i>Merismopedia elegans</i>					X	
<i>Chroococcus turgidis</i>		X	XX	X	X	
<i>Microcystis aeruginosa</i>		XX				XXX
<i>Microcystis viridis</i>				X		XX
<i>Microcystis wesenbergii</i>						XX
<i>Microcystis elachista</i>		X			X	XX
<i>Lyngbya tenue</i>		X			X	
<i>Lyngbya bipunctata</i>	X					
<i>Lyngbya brgei</i>				X		
<i>Lyngbya muralis</i>					X	
<i>Phormidium tenue</i>	X		X	XX	XX	XX
<i>Oscillatoria tenuis</i>			XX			XXX
<i>Oscillatoria subsalsa</i>				X		
<i>Oscillatoria gracilis</i>				X		
<i>Oscillatoria anguinis</i>						XX
<i>Oscillatoria margaritifera</i>						XX
<b>Rotifères</b>						
<i>Lecane monostyla</i>	XX	XX	XX		XX	
<i>Keratella tropica</i>	X	X	X		X	
<i>Asplanchna sp.</i>					XX	
<b>Copépodes</b>						
<i>Eucyclops liljeborgii</i>	X	X	X		X	
<i>Nauplius</i>	X	XX	X	X	X	
<b>Cladocères</b>						
<i>Bosminida sp.</i>			X		X	

xxxx : dominant, xxx : abondance moyenne, xx : faible abondance, x : très faible abondance.

### 3.2.2 Analyse quantitative des communautés planctoniques

Pour l'analyse des résultats biologiques, nous avons subdivisé la période d'étude en deux sous périodes :

- une avec présence seulement des géniteurs de la carpe argentée ;
- une deuxième période dans laquelle nous avons une polyculture avec des géniteurs de carpe argentée, de carpe herbivore et de carpe commune.

#### a. Période avec carpe argentée seule en étang

Durant la première sous période, le peuplement phytoplanctonique présente une diversité et une abondance qui évoluent au cours du temps (Figure 79). L'abondance du phytoplancton la plus élevée a été enregistrée en avril et juin 2013 avec une densité respective de  $1,49.10^5$  et  $1,47.10^5$  cell., fil. et col./l. En avril 2013, nous avons noté la codominance des Diatomophycées ( $5,7.10^4$  cell., fil. et col./l) représentées particulièrement par *Navicula veneta*, *Navicula cryptocephala* et *Nitzschia amphibia*, des Zygnématales (*Spirogyra majuscula* et *Spirogyra varians*) avec une densité de  $4,9.10^4$

cell., fil. et col./l et de la Desmidiacée *Cosmarium binum* avec  $3,8.10^4$  cell., fil. et col./l. En juin 2013, ce sont les Desmidiacées (*Cosmarium binum* et *Staurastrum orbiculare*) qui forment l'essentiel des algues présentes dans l'étang avec une densité de l'ordre de  $9,05.10^4$  cell., fil. et col./l. Les Chlorococcales (*Coelastrum microporum* var. *microporum* et *Scenedesmus serratus*) qui ont été faiblement abondantes de février à mai 2013 prolifèrent et atteignent leur maximum en juin avec  $4,5.10^4$  cell., fil. et col./l. Les Dinophycées représentées par *Peridinium aciculiferum* et *Peridiniopsis elpatiewskyi* atteignent leur maximum en octobre 2013 ( $3,9.10^4$  cell., fil. et col./l). Les Diatomophycées qui dominaient le phytoplancton en février et en avril 2013 prolifèrent et dominent en novembre 2013 et en février 2014 avec une densité respectivement de 4,27 et  $5,12.10^4$  cell., fil. et col./l. Cela montre bien que la succession saisonnière du phytoplancton dans ces étangs est bien respectée (Les Diatomophycées qui dominent en hiver 2013, apparaissent et dominent en hiver 2014).

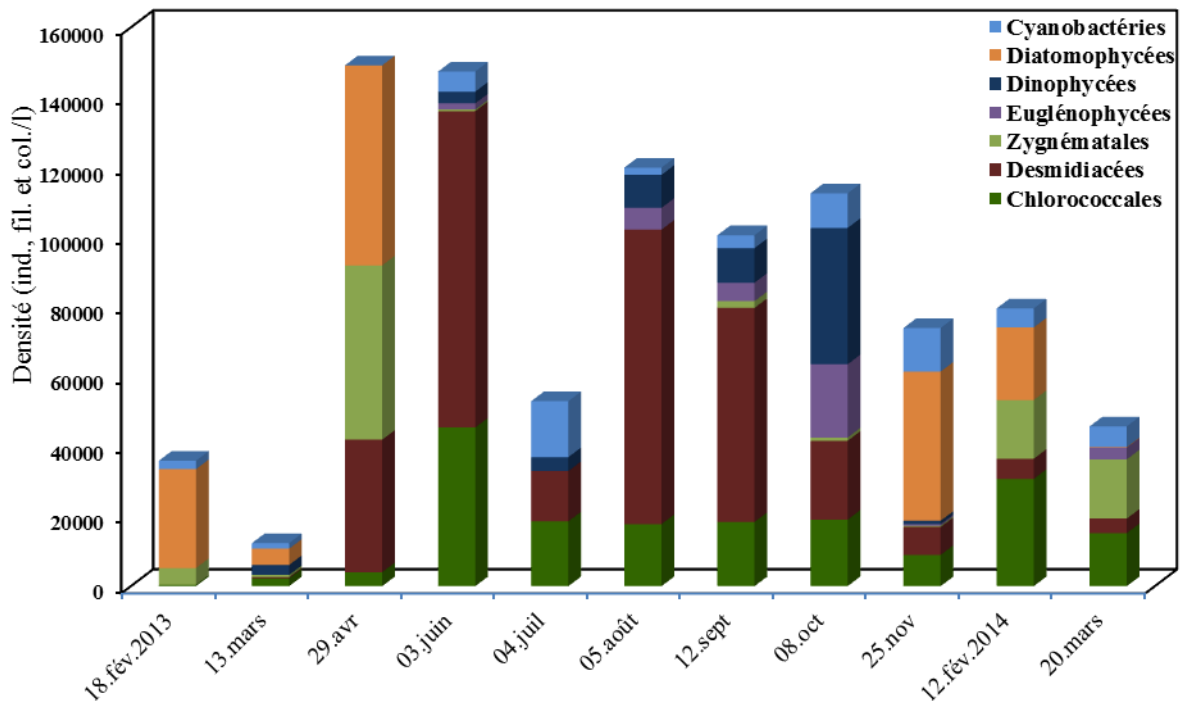


Figure 79: Evolution mensuelle de la structure du peuplement du phytoplancton dans l'étang de grossissement des géniteurs de la carpe argentée (D2).

L'évolution mensuelle des communautés zooplanctoniques (Figure 80) a montré une abondance maximale de zooplancton en août 2013 avec une densité de  $5,28.10^3$  ind./l représentée par  $4,16.10^3$  ind. de Copépodes (*Eucyclops liljeborgii*) et de  $1,12.10^3$  ind. de Rotifères (*Lecane monostyla* et *Keratella tropica*). Les Rotifères et Copépodes ont été inventoriés presque durant toute la période de l'étude à l'exception du mois de novembre 2013 et janvier et février 2014 où nous avons enregistré leur absence totale. Les Cladocères (*Bosminida* sp.) n'apparaît qu'en juillet 2013 et mars 2014 avec une faible densité ( $6,4.10^2$  et  $1,6.10^2$  ind./l respectivement).

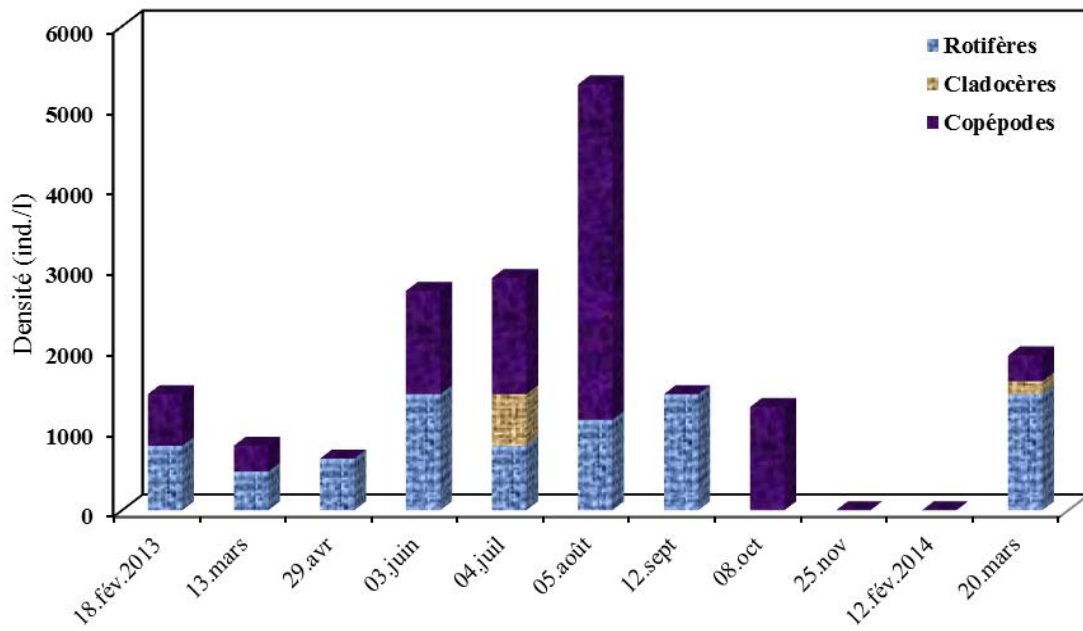


Figure 80: Evolution mensuelle des groupes zooplanctoniques au niveau de l'étang D2.

#### b. Effet du déversement des géniteurs de carpes herbivore et commune sur l'évolution du phytoplancton

Après le déversement des carpes herbivore et commune au niveau de l'étang D2, la structure des communautés phytoplanctoniques durant la période 11 avril - 09 juin 2014 a montré une augmentation assez remarquable de la densité algale. En effet, la densité a doublé avec un maximum de  $2,48 \cdot 10^5$  cell., fil. et col./l enregistré le 30 mai (figure 81).

Les échantillons prélevés pour analyse présentent une dominance des Chlorococcales le long de cette 2<sup>ème</sup> partie de l'étude à l'exception de l'échantillon du 28 avril où les Cyanobactéries pullulent.

Les chlorococcales sont présentés par plusieurs espèces avec une alternance notée :

- *Scenedesmus serratus*, *Coelastrum microporum* var. *microporum* et *Coelastrum reticulatum* var. *reticulatum*) dominant le 11 avril avec  $4,43 \cdot 10^4$  cell., fil. et col./l ;
- *Coelastrum microporum* var. *microporum*, *Scenedesmus protuberans* et *Crucigenia tetrapedia* dominant le 12 mai avec  $7,13 \cdot 10^4$  cell., fil. et col./l ;
- *Coelastrum microporum* var. *microporum* dominant le 30 mai avec  $1,2 \cdot 10^4$  cell., fil. et col./l ;
- *Coelastrum microporum* var. *microporum* et *Scenedesmus protuberans* dominant le 09 juin avec  $7 \cdot 10^4$  cell., fil. et colonnies/l.



Les Cyanobactéries forment l'essentiel des groupes présents dans l'étang D2 le 28 avril ( $9,04.10^4$  cell., fil. et colonnies/l) avec une dominance de *Microcystis aeruginosa*, *Oscillatoria tenuis* et *Oscillatoria anguinis*. Viens après ces Cyanobactéries, les Chlorococcales (*Pediastrum simplex* var. *sturmii*, *Scenedesmus serratus* et *Coelastrum microporum* var. *microporum*), les Euglénophycées (*Euglena deses* var. *tenuis* et *Euglena variabilis*) et les Desmidiacées (*Staurastrum orbiculare* et *Cosmarium formosulum*) avec des densités de 2,14 ; 1,95 et  $1,92.10^4$  cell., fil. et col./l respectivement.

L'absence des zygnématales durant cette période d'étude est fortement liée à sa consommation par les géniteurs de la carpe herbivore, ainsi qu'à l'effet de la vidange partielle de l'étang à chaque épisode d'échantillonnage des carpes pour faciliter leur capture.

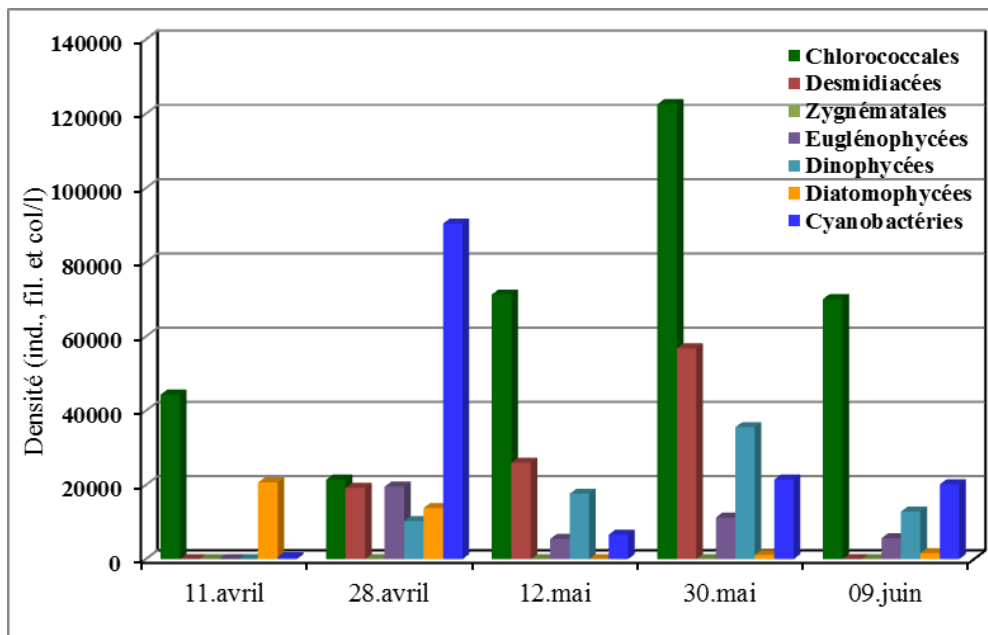


Figure 81: Evolution bimensuelle de la structure du peuplement phytoplanctonique dans l'étang de grossissement des géniteurs de la carpe argentée après déversement de la carpe herbivore et la carpe commune (D2).

Les densités des communautés zooplanctoniques avoisinent zéro durant la période s'étalant du 11 avril au 09 juin 2014.

#### 4. Discussion

Les variations de la température de l'eau d'un mois à un autre sont liées surtout aux variations des températures de l'air. La variation saisonnière de la température observée au niveau de l'étang D2 est expliquée par l'absorption des radiations lumineuses qui constitue le principal facteur de réchauffement des eaux (Levêque, 1996 ; Elhaouati, 2009).

La diminution du pH enregistrée en février 2014 est due probablement au ralentissement de l'activité photosynthétique suite à la diminution de la température ( $15,7^{\circ}\text{C}$ ). Selon Dussart (1996), le pH de l'eau est un bon indicateur de l'activité photosynthétique. La variation saisonnière du pH enregistrée au niveau de l'étang étudié, peut être due, en plus des explications précédentes, aux différents apports par les précipitations (Parinet et al., 2000) ainsi qu'à la nature de l'eau de remplissage.

Les valeurs de la conductivité électrique enregistrées le long de la période d'étude, témoignent d'une minéralisation moyenne à assez forte engendrée par les apports de l'eau de puits ( $1080 \pm 127 \mu\text{s/cm}$ ) ainsi que par l'activité photosynthétique. La valeur minimale de la conductivité ( $513 \mu\text{s/cm}$ ) enregistrée au mois de mai 2014 est fortement liée à la grande production du milieu en phytoplancton ( $2,48 \cdot 10^5 \text{ cell., fil. ou col./l}$ ) suite à la réduction des macrophytes prises par les géniteurs de la carpe herbivore. La teneur maximale enregistrée en août 2013 ( $959 \mu\text{s/cm}$ ) est liée surtout à l'évaporation d'une grande quantité de l'eau de l'étang (le volume de l'eau de l'étang était seulement le  $\frac{1}{4}$  du volume total).

La teneur maximale en oxygène dissous enregistrée en septembre 2013 pourrait être en relation avec l'activité photosynthétique de *Chara vulgaris* et de *Ceratophyllum submersum* (ces deux espèces sont présentes en grande quantité) favorisée par le bon ensoleillement. Cette activité se traduit par une réduction des concentrations en nitrates qui n'ont pas dépassé  $0,97 \text{ mg/l}$ . Durant ce mois, les faibles densités phytoplanctoniques enregistrées ( $1 \cdot 10^5 \text{ cell., fil. et col./l}$ ) sont dues à la prolifération de ces deux espèces qui puisent les nutriments nécessaires pour le développement normal du phytoplancton. Ces résultats corroborent ceux de Lefèvre (1941) qui rapporte que les plantes submergées se nourrissent alors exclusivement par osmose, absorbant directement les sels minéraux ou organiques dissous. Lacaze (1996) estime que les variations d'oxygène dissous sont en relation avec plusieurs facteurs, principalement la température et la salinité. Les faibles teneurs en oxygène dissous ( $4,03$  et  $3,8 \text{ mg/l}$ ) mesurées lors des deux derniers échantillonnages (mai et juin 2014) sont probablement liées à la décomposition de la matière organique par les bactéries ce qui déclenche une dénitrification ceci est confirmé par la baisse de la concentration en nitrates en mai et juin 2014 (seulement de  $0,44$  et  $1,44 \text{ mg/l}$  respectivement). Balvay (1980) ; Billard (1995b) ; Marcel (1995) et Hasnaoui et al. (2007) rapportent que pour des teneurs élevées en oxygène une partie de cet oxygène dissous sera consommée par les bactéries pour la décomposition et la minéralisation de la matière organique et l'autre partie sera utilisée par les algues durant la nuit pour la respiration. Ceci peut conduire à un abaissement intensifié de la teneur en oxygène dissous dans le milieu qui pourra être dangereusement faible à la levée du jour.

Les fortes valeurs de nitrates enregistrées ont coïncidé avec des faibles températures dans le milieu ce qui contribue à une diminution de la photosynthèse. Par contre, une faible concentration a été enregistrée en mai 2014 ( $0,44 \text{ mg/l}$ ). Les valeurs maximales ont été mesurées en hiver 2013 avec  $3,07 \text{ mg/l}$ , au printemps 2013 ces teneurs présentent une concentration de  $2,71 \text{ mg/l}$  malgré l'ajout hebdomadaire de l'eau de puits riche en nitrates ( $7,28 \pm 0,19 \text{ mg/l}$ ), ceci est fortement liée au développement de *Chara vulgaris* et *Ceratophyllum submersum*. Les faibles concentrations trouvées en été augmentent en automne et tendent à se rapprocher des valeurs hivernales. Le printemps 2014 enregistre les teneurs en nitrates les plus faibles de la période d'étude ( $0,91 \text{ mg/l}$ ). Cette chute est associée au développement printanier du phytoplancton qui a été de l'ordre de  $1,45 \cdot 10^5 \text{ cell., fil. et col./l}$  avec dominance des Chlorococcales ( $6,6 \cdot 10^4 \text{ cell., fil. et col./l}$ ) et présence des Cyanobactéries ( $2,78 \cdot 10^4 \text{ cell., fil. et col./l}$ ) et des Desmidiacées ( $2 \cdot 10^5 \text{ cell., fil. et col./l}$ ). En ce moment, les deux espèces *Chara vulgaris* et *Ceratophyllum submersum* ont disparu complètement suite à leur consommation par les géniteurs de la carpe herbivore.

Les teneurs optimales d'orthophosphates se situent entre 0,2- 0,5 mg PO<sub>4</sub>/l (Billard & Marie, 1980 ; Wurtz-Arlet, 1980 ; Boyd, 1982). Les faibles concentrations sont liées à l'intensité du flux de matière et d'énergie qui circule au sein du réseau trophique (Barbe et al., 1991 ; Hasnaoui et al., 2007). Alors que les fortes valeurs sont dues principalement aux relargages du phosphore par le sédiment de l'étang (Kassila , 2000, Oukhchine et Zagani, 2000 ; Hasnaoui, 2001 ; Hasnaoui et al., 2002b ; El Moata, 2005).

La dominance des Diatomophycées en février, avril et novembre 2013 est fortement liée à la disponibilité des nitrates dans le milieu qui a été respectivement de 3,23 ; 3,78 et 3,51 mg/l. Berdalet et al. (1996) ; Carlsson & Graneli (1999) rapportent que les Diatomophycées dominent dans les milieux qui sont riches en nutriments azotés. Ainsi El Haouati et al. (2013) ont montré que, durant la période printanière, la fréquence relative de 79,58% de Diatomées est accompagnées des taux élevées de composées azotés surtout les nitrates et ils ont liés cette dominance aux bonnes conditions climatiques (la température et la lumière). Contrairement a ce qui a été montré par Daly Yahia-Kefi (1998), la dominance des Diatomophycées au niveau de l'étang D2 est accompagnée par des faibles températures (16 ; 17,5 et 17 respectivement en février, avril et novembre 2013).

Les Cyanobactéries sont à leur maximum de densité en 28 avril 2014 malgré la faible concentration des nitrates (0,62 mg/l) et la faible disponibilité des orthophosphates (0,17 mg/l ; cette valeur est inférieure à l'optimum théorique 0,2 – 0,5 mg PO<sub>4</sub>/l). Ceci est en accord avec les résultats trouvées par Billard et Marie (1980) ; Wurtz-Arlet (1980) ; Boyd (1982) ; Barbe et al. (1999) et Hasnaoui et al. (2002a). Ces auteurs rapportent malgré que les concentrations en orthophosphates sont généralement inférieures à l'optimum théorique d'un facteur dépassant 10 le phytoplancton est abondant.

L'étude de l'évolution mensuelle du zooplancton dans l'étang de grossissement de la carpe argentée, permet de constater que l'absence temporelle du peuplement zooplanctonique en novembre 2013 et en février 2014, ainsi que durant la période de grossissement des trois espèces de carpes (du 11 avril à 09 juin 2014) est due probablement aux mouvements des masses d'eau créés par le vent, au choix des sites de prélèvements ou à la consommation des espèces zooplanctoniques par les géniteurs de carpes.

## **5. Conclusion**

L'étude des paramètres physico-chimiques de l'étang de grossissement des géniteurs de carpes a permis de caractériser l'état général des eaux, au cours d'un cycle saisonnier et demi entre 2013 et 2014. Les résultats obtenus dans cette étude prouvent que l'étang de grossissement de carpes est un écosystème favorable à la prolifération d'une communauté diversifiée composée de groupes qui préfèrent les milieux riches en composées azotées (Chlorococcales, Desmidiacées et Diatomophycées dans notre cas), néanmoins le développement excessif des macrophytes et des algues filamenteuses affaibli les densités des espèces planctoniques et limite leur développement.

La succession des populations phytoplanctoniques est donc largement conditionnée par les paramètres physico-chimiques. Le vieillissement des étangs de grossissement des carpes (développement des macrophytes) expliquent les faibles densités enregistrées.

Le peuplement phytoplanctonique de l'étang D2 est plus diversifié au printemps 2014 (41 espèces de phytoplancton : 17 espèces de Chlorococcales, 3 espèces de Desmidiées, 5 espèces d'Euglénophycées, 2 espèce de Dinophycées, 4 espèces de Diatomophycées et 10 espèces de Cyanobactéries) qu'au printemps 2013 où nous avons recensé que 29 espèces : 13 espèces de Chlorococcales, 4 espèces de Desmidiées, 2 espèces de Zygnématales, 2 d'Euglénophycées, 1 espèce de Dinophycées, 3 espèces de Diatomophycées et 4 espèces de Cyanobactéries), ceci est expliqué par la disparition progressive des macrophytes (aliment préféré par la carpe herbivore) de l'étang D2 qui puisent les éléments nutritifs nécessaires pour le développement normal des communautés phytoplanctoniques.

## **Chapitre 2**

# Régime alimentaire des géniteurs

1. INTRODUCTION
2. MATERIEL ET METHODES
  - 2.1 Poissons
  - 2.2 Echantillonnage
  - 2.3 Analyses statistiques des données
3. RESULTATS ET DISCUSSION
  - 3.1 Performances de croissance des poissons
  - 3.2 Analyse des résultats du régime alimentaire des géniteurs de carpes La carpe argentée
4. DISCUSSION ET CONCLUSION

## Chapitre 2

### Régime alimentaire des géniteurs

#### 1. Introduction

L'étude du régime alimentaire des espèces animales constitue l'une des premières étapes dans leur écologie (Kaiser et Hughes, 1993 ; De Crespin De Billy, 2001). En effet, l'analyse du régime alimentaire peut expliquer en partie des relations prédateurs-proies dans le milieu d'étude (Sih et al., 1994) ainsi que les phénomènes de compétition inter et intra spécifiques (De Pirro et al., 1999).

Dans le but de déterminer l'influence de la nourriture biodisponible dans un étang de grossissement de la Deroua sur les préférences alimentaires des géniteurs de trois espèces de carpes et afin de confronter les différences de tendances alimentaires à l'âge adulte, un suivi bimensuel de la croissance et du régime alimentaire de ces poissons a été réalisé du 11 avril au 09 juin 2014.

#### 2. Matériel et méthodes

##### 2.1 Poissons

Une polyculture a été réalisée dans l'étang de grossissement D2. Les trois espèces de géniteurs de carpe introduites dans cet étang sont la carpe argentée CA (*Hypophthalmichthys molitrix*), la carpe herbivore CH (*Ctenopharyngodon idella*) et la carpe commune CC (*Cyprinus Carpio*). La date de déversement et le nombre de géniteurs déversés figure dans le tableau 37 ci- après.

A signaler que le nombre limité de poissons étudiés a été choisi pour des raisons techniques liées au fonctionnement de la station Deroua (la date de commencement de l'étude a coïncidé avec la sélection et la préparation des géniteurs pour la reproduction).

Tableau 37: Date de déversement et nombre de géniteurs déversés dans l'étang de grossissement.

Date de déversement	Nombre de géniteurs déversés	Espèce	sexe	Date du premier échantillonnage pour étude du régime alimentaire	Remarque	Raison
15/01/2013	6	CA	3 mâles 3 femelles	11/04/2014	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 géniteurs ont été retrouvés morts (après le premier échantillonnage .</li> <li>• 3 autres sont morts après le 4<sup>ème</sup> échantillonnage (30 mai 2014).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Attaque par des champignons</li> <li>• Stress après capture.</li> </ul>
25/03/2014	3	CH	Non identifié	11/04/2014	–	–
25/03/2014	3	CC	Non identifié	11/04/2014	–	–

## 2.2 Echantillonnage

Les pêches ont été réalisées du 11 avril au 09 juin 2014, 5 fois durant cette période d'étude avec une fréquence bimensuel en vue de mesurer le poids et la longueur individuels des poissons et donc de suivre leur croissance et leur régime alimentaire.

La capture est effectuée à l'aide d'un filet maillant (photo 30). Sur le terrain nous avons mis les individus capturés dans des bassines contenant un anesthésiant (Clou de Girofle) pour faciliter la manipulation (Photo 31). Par la suite, nous avons relevé pour chaque individu, la taille totale en centimètres et le poids en grammes puis nous avons poussé doucement de l'abdomen vers l'anus pour faire sortir une partie du contenu du tube digestif (chaque individu manipulé a été retourné le plus vite possible dans l'étang). Cette méthode a été choisie pour éviter la dissection et donc la mort des géniteurs qui serviront à la reproduction artificielle.

Au laboratoire, le contenu du tube digestif récupéré de chaque individu a été conservé dans des tubes contenant du formol à 4% puis identifié à l'aide du microscope binoculaire au grossissement 100x et 400x. L'identification de ces différentes proies se fait à l'aide des clés d'identification déjà cités dans le chapitre 1 (première partie).



Photo 30 : Pêches des carpes à l'aide du filet maillant.



Photo 31 : Anesthésie des géniteurs pour pouvoir ressortir le contenu de leur tube digestif.

## 2.1 Analyse statistique des données

### 2.3.1 Paramètres zootechniques

Pour estimer la croissance des géniteurs au cours de l'expérimentation, les paramètres zootechniques suivants ont été calculés :

- **Gain de poids moyen (GPM)** (ou gain de masse corporelle). Ce critère permet d'évaluer la croissance pondérale des poissons pendant un temps donné. Il est calculé à partir de la formule ci-dessous :

$$\text{Gain de poids (g)} = \text{Poids final} - \text{Poids initial (g)}$$

- **Gain de poids quotidien (GPQ)** (ou croissance individuelle journalière). Cet indice permet d'apprécier le gain de poids journalier des poissons en élevage :

$$\text{GPQ} = \frac{\text{Poids final (g)} - \text{Poids initial (g)}}{\text{Durée d'élevage (j)}}$$

Durée d'élevage (j)

- **Taux de croissance spécifique (TCS)** (Priede & Secombes, 1988). Ce coefficient permet d'évaluer le poids gagné par le poisson chaque jour, en pourcentage de son poids vif.

$$\text{TCS (\%/j)} = \frac{[\ln (\text{poids final}) - \ln (\text{poids initial})]}{\text{Durée de l'expérience en jours}} \times 100$$

Durée de l'expérience en jours



### 2.3.2 Régime alimentaire

Pour caractériser le régime alimentaire des géniteurs de carpes nous avons utilisé les quatre indices déjà cité dans le chapitre 1 de la première partie (indice d'occurrence (Io), indice d'abondance (Iab), indice volumétrique (Iv) et indice alimentaire (IA)).

## 3. Résultats et discussion

### 3.1 Performances de croissance des poissons

#### 3.1.1 Evolution de la croissance des géniteurs de carpes

##### a. Carpe argentée

La représentation graphique de l'évolution du poids individuel des géniteurs de la carpe argentée est donnée dans la figure 82. Le poids moyen et la taille moyenne des géniteurs de la carpe argentée augmentent de 2890 à 3550 g et de 59,1 à 63,5 cm, respectivement. Le gain de poids le plus important a été enregistré entre le 31<sup>ème</sup> et le 49<sup>ème</sup> jour où il atteint 450 g en 18 jours (25 g/j).

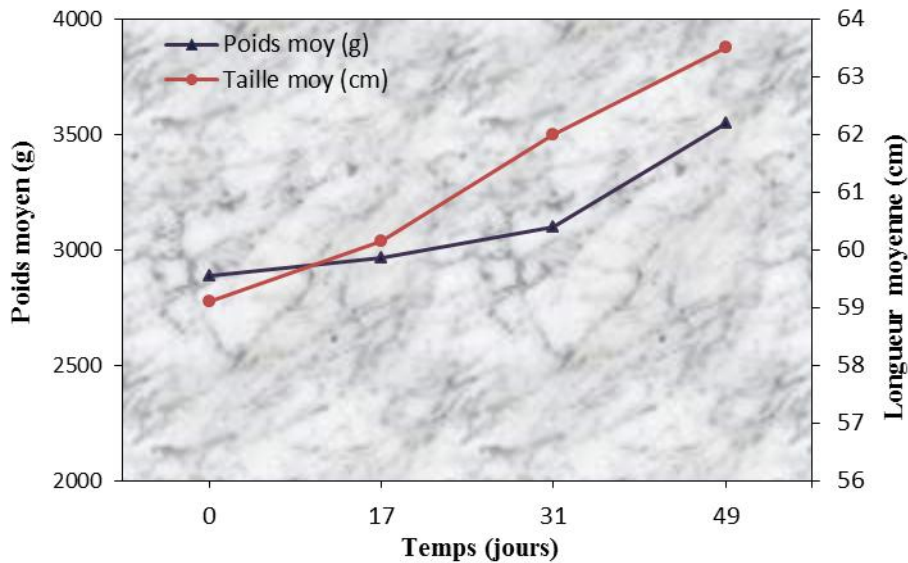


Figure 82: Croissance en longueur et en poids des géniteurs de la carpe argentée

##### b. Carpe herbivore

D'après la figure 83, la taille moyenne des géniteurs de la carpe herbivore augmente de 54 à 60,33 cm soit un gain de taille de 6,33 cm en 59 jours, alors que le poids moyen augmente au cours des 31 premiers jours de 1867 à 2233,33 g mais il montre une diminution progressive pour atteindre en fin de la période d'étude (après 59<sup>ème</sup> jours du déversement) 2100 g.

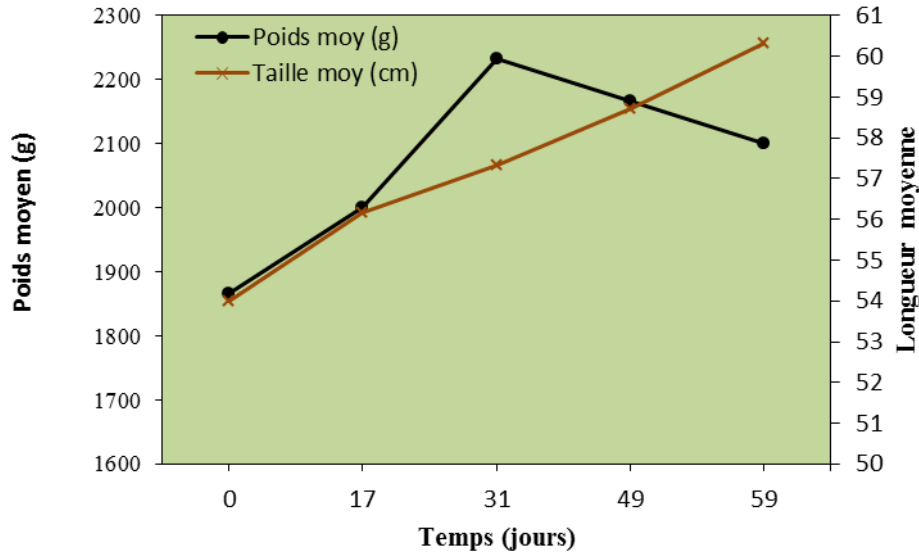


Figure 83: Croissance en longueur et en poids des géniteurs de la carpe herbivore

### c. Carpe commune

La figure 84 illustre l'évolution de la croissance en longueur et en poids des géniteurs de la carpe commune. Cette évolution trace une augmentation du poids moyen et de la taille moyenne de 3200 à 4400 g et de 55,1 à 59,07 cm respectivement. Soit un gain de poids important de l'ordre de 20,34 g/j et un gain de taille faible de 0,067 cm/j.

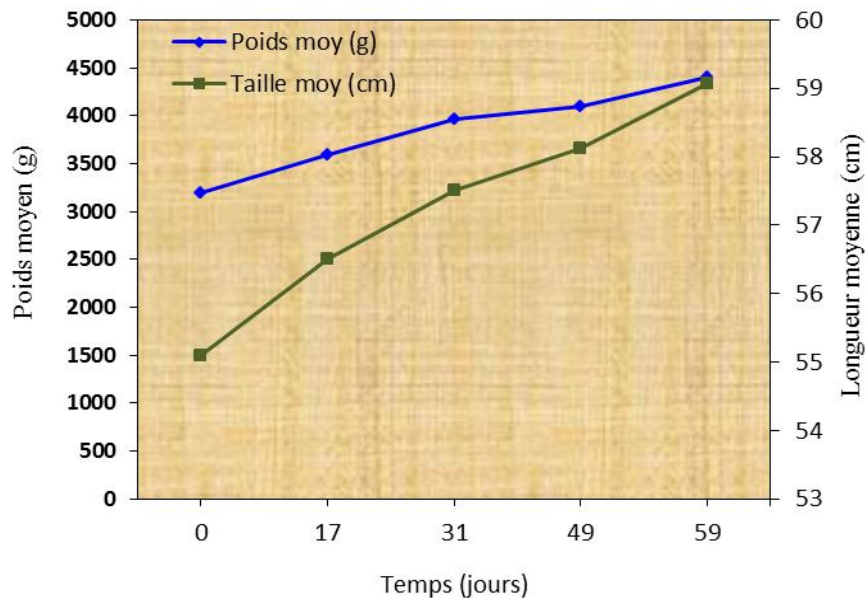


Figure 84: Croissance en longueur et en poids des géniteurs de la carpe commune

### 3.1.2 Taux de croissance spécifique

Les principaux résultats des performances de croissance des poissons obtenus sont consignés dans le tableau 38 ci-après :

Tableau 38: Les performances de croissance des géniteurs de carpes au cours de l'expérience.

	Carpe argentée	Carpe herbivore	Carpe commune
Poids initial (g)	2890	1867	3200
Poids final (g)	3550	2100	4400
Nombre de jours de croissance (jours)	49	59	59
Gain de poids moyen (g)	660	233	1200
Gain de poids quotidien (g/j)	13,47	3,95	20,34
Taux de croissance spécifique (%/j)	0,42	0,2	0,54

Avec un gain de poids moyen de 1200 g en 59 jours, une croissance individuelle journalière de 20,34 g/j, et un taux de croissance spécifique de 0,54 %/j, les géniteurs de la carpe commune présentent les meilleures performances de croissance par rapport aux autres espèces.

Les géniteurs de la carpe herbivore montrent un gain de poids moyen de 660 g en 49 jours, une croissance individuelle journalière de 13,47 g/j et un taux de croissance spécifique de 0,42%/j. Par rapport aux deux premières espèces, les performances de croissance des géniteurs de la carpe argentée sont faibles, ils ont seulement un gain de poids moyen de 233 g en 59 jours, une croissance individuelle journalière de 3,95 g/j et un taux de croissance spécifique de 0,2 %/j.

### 3.2 Analyse des résultats du régime alimentaire des géniteurs de carpes

#### 3.2.1 Carpe argentée

D'après la figure 85, nous constatons clairement que les contenus des tubes digestifs des géniteurs de la carpe argentée examinés renferment généralement du phytoplancton soit sous forme de fragments soit sous forme d'une masse verte (photo 32). A signaler à ce niveau que cette masse représente 50% des contenus digestifs étudiés, ainsi que l'absence des résultats du 09 juin est liée à la mort des trois géniteurs après le quatrième échantillonnage.

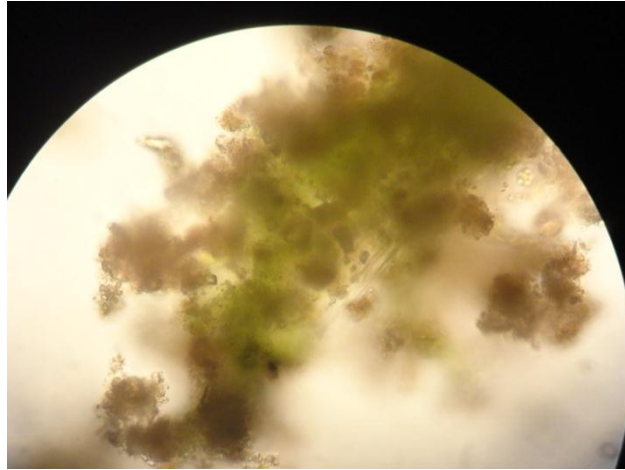


Photo 32 : Masse verte observée au niveau du contenu du tube digestif des géniteurs de la carpe argentée.

Au cours de la période d'étude, le régime alimentaire de ces géniteurs varie en fonction de la disponibilité des proies dans le milieu:

- Le 11 avril, les individus examinés ont eu une préférence alimentaire pour les Chlorococcales (Io = 26,67%), les Cyanobactéries (Io = 23,33%), les Diatomophycées (Io = 21,6%) et les Euglénophycées (Io = 16,67%). Cependant, les Chlorococcales (*Pediastrum boryanum* var. *typicum* (photo 33) (Io = 5%), *Pediastrum simplex* var. *sturmii* (photo 34) (Io = 5%), *Scenedesmus protuberans* (Io = 5%), *Coelastrum microporum* var. *microporum* (Io = 5%) et *Tetraedron minimum* (photo 35) (Io = 3,33%)), les Cyanobactéries (*Microcystis aeruginosa* (Io = 5%), *Oscillatoria tenuis* (Io = 5%) et *Merismopedia punctata* (Io = 5%)) et les Diatomophycées (*Navicula veneta* (Io = 3,33%), *Nitzschia linearis* (Io = 3,33%), *Cymbella cuspidata* (Io = 3,33%) et *Amphora ovalis* (Io = 3,33%)) ont été des proies accessoires et les Euglénophycées et toutes les autres (Desmidiacées, Dinophycées, Rotifères et Cladocères) des proies accidentelles. Les Diatomophycées avec Iab = 27,85% (surtout *Nitzschia linearis* (photo 36) (Iab = 12,79%), *Navicula veneta* (Iab = 4,56%) et *Cyclotella bodanica* (photo 37) (Iab = 2,74%)), les Chlorococcales (Iab = 26,48%) représentées surtout par les espèces *Coelastrum microporum* var. *microporum* (Iab = 8,67%), *Coelastrum reticulatum* var. *reticulatum* (Iab = 6,85%) et *Pediastrum simplex* var. *sturmii* (Iab = 4,11%), les Euglénophycées (Iab = 22,48%) principalement *Euglena deses* var. *tenuis* (photo 38) (Iab = 14,61%) et *Phacus orbicularis* (Iab = 2,74%) (photo 39) et les Cyanobactéries (Iab = 15,98%) (représentées surtout par *Microcystis aeruginosa* (Iab = 7,3%) et *Chroococcus turgidus* (Iab = 2,28%)) sont les items proies les plus abondants. Quantitativement, les Cyanobactéries (Iv = 26,96%), les Euglénophycées (Iv = 21,3%), les Diatomophycées (Iv = 20,43%), les Chlorococcales (19,13%) et les Rotifères (9,28%) ont été successivement les aliments les plus importants en volume de proies. Les Cyanobactéries (IA = 23,29%), les Euglénophycées (19,86%), les Chlorophycées (IA = 18,26%) et les Diatomophycées (IA = 12,26%) ont été des proies importantes dans l'alimentation

des géniteurs de cette espèce de carpe. Les Rotifères (*Keratella cochlearis*) (photo 40), les Desmidiacées (*Staurastrum orbiculare*) (photo 41) et les Dinophycées (*Peridinium aciculiferum*) (photo 42) ont été secondaires (IA < 10) dans le profil alimentaire de l'espèce.

*Pediastrum simplex* var. *sturmii*, *Scenedesmus protuberans*, *Coelastrum microporum* var. *microporum* et *Coelastrum reticulatum* var. *reticulatum* ont été les Chlorococcales les plus dégradées dans les contenus des tubes digestifs examinés (photo 43) suivies de la Diatomophycée *Nitzschia linearis* (photo 44). La Cyanobactérie *Microcystis aeruginosa* (photo 45) et l'Euglénophycée *Euglena deses* var. *tenuis* sont ingérées mais elles ne sont pas digérées.

- L'analyse des contenus des tubes digestifs du 28 avril montre que, les Chlorococcales (Io=36,68%, Iab=49,78%, Iv=46,54% et IA=45,4%), les Cyanobactéries (Io=18,34%, Iab=16,89%, Iv=32,55% et IA=29,62%) et les Diatomophycées (Io=23,34%, Iab=14,67%, Iv=12,45% et IA=10,14%) ont été les taxons phytoplanctoniques les plus abondants dans les contenus des tubes digestifs des individus étudiés. Le groupe des Chlorococcales représenté par *Scenedesmus protuberans* (IA=16,27%), *Coelastrum microporum* var. *microporum* (IA=14,97%), *Coelastrum reticulatum* var. *reticulatum* (IA=7,81%) et *Pediastrum simplex* var. *sturmii* (IA=5,2%) et le groupe des Diatomophycées représenté par *Nitzschia linearis* (IA=8,46%) ont été par ordre d'importance les plus consommées. Malgré que les Cyanobactéries (principalement *Microcystis aeruginosa* avec IA=26%) sont des proies importantes (IA=29,62%), ces dernières ont été accidentelles (Io=18,34% < 20) dans la composition alimentaire de l'espèce ainsi elles ne sont pas digérées.
- D'après les résultats du 12 mai, les géniteurs se nourrissent de Chlorococcales (Io=31,48%, Iab=58,67% et Iv=52,37%), des Cyanobactéries (Io=18,52%, Iab=17,34% et Iv=18,98%), des Diatomophycées (Io=14,81%, Iab=7,5% et Iv=6,38%), des Rotifères (Io=11,11%, Iab=7,25% et Iv=11,72%), des Dinophycées (Io=11,1%, Iab=4,33% et Iv=2,18%), des Desmidiacées (Io=3,7%, Iab=0,57% et Iv=0,48%), des Copépodes (Io=3,7%, Iab=3,47% et Iv=0,24%) et des Cladocères (Io=3,7%, Iab=0,29% et Iv=1,94%). Cependant, seuls les Chlorococcales ont été des proies accessoires et toutes les autres des proies accidentelles. *Coelastrum microporum* var. *microporum* (Iab=28,03%) a été la Chlorococcale la plus abondante, néanmoins *Coelastrum reticulatum* var. *reticulatum* (Iab=18,5%), *Scenedesmus protuberans* (Iab=4,9%) et *Pediastrum simplex* var. *sturmii* (Iab=4,05%) ont été les Chlorococcales les plus digérées. L'indice alimentaire a indiqué que les Chlorococcales (IA=50,81% > 50) (surtout *Coelastrum microporum* var. *microporum* (IA=22,73%) et *Coelastrum reticulatum* var. *reticulatum* (IA=14,99%)) sont des proies dominantes, les Cyanobactéries

(IA=17,18%) représentées surtout par *Microcystis aeruginosa* (photo 45) (IA=7,97%) et *Microcystis viridis* (IA=7,73%) et les Rotifères (IA=11,09%) représentées principalement par *Asplanchna sp.* (IA=10,31%) sont par ordre d'importance les plus consommées mais elles ne sont pas digérées.

- L'analyse des résultats du 30 avril montre que les Chlorococcales (Io=35,19%, Iab=44,64%, Iv=50,39%), les Diatomophycées (Io=24,07%, Iab=28,83%, Iv=19,61%) et les Cyanobactéries (Io=18,52%, Iab=21,43%, Iv=23,68% et) ont été les taxons phytoplanctoniques les plus abondants et les plus importants en volume de proies dans les contenus des tubes digestifs des sujets étudiés. Les deux premières classes ont été des items proies accessoires alors que les Cyanobactéries et toutes les autres proies (Desmidiacées, Euglénophycées, Dinophycées, Rotifères, Copépodes et Cladocères) ont été accidentelles. Les Chlorococcales ont été des proies essentielles ( $25 < IA = 48,74\% < 50$ ) dans l'alimentation des géniteurs de la carpe argentée, alors que les Diatomophycées (IA=18,88%) et les Cyanobactéries (IA=13,96%) sont par ordre d'importance les plus ingérées. Les espèces de Diatomophycées dominées par *Tabellaria sp.* (IA=17,96%) sont les moins digérées par rapport aux Chlorococcales (*Coelastrum microporum var. microporum* (IA=29,87%), *Scenedesmus protuberans* (IA=6,31%), *Pediastrum simplex var. sturmii* (IA=4,86%) et *Coelastrum reticulatum var. reticulatum* (IA=3,88%). Mais les Cyanobactéries (surtout l'espèce *Chroococcus limneticus* dont IA=10,2%) répertoriées sont des proies non digérées.

### 3.2.2 Carpe herbivore

La figure 86 présente les différentes catégories de proies observées dans les 30% des contenus des tubes digestifs des géniteurs de la carpe herbivore et leurs indices alimentaires (puisque 70% du bol alimentaire sont sous forme de masse verte dégradée (photo 46). A signaler que l'absence des résultats pour le 09 juin est liée au faible remplissage des tubes digestifs des individus ce qui limite, malgré la pression exercée sur l'abdomen, de faire ressortir le contenu des tubes digestifs.

L'examen des contenus des tubes digestifs étudiés indique que :

- Les échantillons du bol alimentaire du 11 avril renferment les Ceratophyles représentées par *Ceratophyllum submersum* (Io=44,67%, Iab=60,9%, Iv=83,48%) (photo 47), le gazon (Io=6,38%, Iab=8,27%, Iv=11,34%) (photo 48), les graines de végétaux (Io=4,25%, Iab=3,76%, Iv=2,57%), les Diatomophycées (Io=19,14%, Iab=9,02%, Iv=0,87%), les Euglénophycées (Io=8,5%, Iab=3,76%, Iv=0,51%), les Dinophycées (Io=4,25%, Iab=2,25%, Iv=0,19%), les Cyanobactéries (Io=8,5%, Iab=9,03%, Iv=0,77%) et les Chlorococcales (Io=44,67%, Iab=2,26%, Iv=0,26%). Les Ceratophyles et les Diatomophycées sont des proies accessoires et toutes les autres sont des proies accidentelles à l'exception du gazon qui malgré la valeur de  $Io < 20\%$ , son existence dans les contenus des tubes digestifs montre qu'il s'agit d'une proie accessoire donc nous pouvons déduire que ces espèces sont sélectives vis-à-vis de cet aliment. Cependant, les Diatomophycées (*Nitzschia linearis* et *Synedra*

*capitata* (photo 49) sont ingérées mais elles ne sont pas digérées. L'espèce a globalement eu une préférence pour les Ceratophyles (*Ceratophyllum submersum*) (IA=68,94%), le gazon a été une proie importante (IA=11,34%) et les autres items proies ont été secondaires dans le profil de l'aliment.

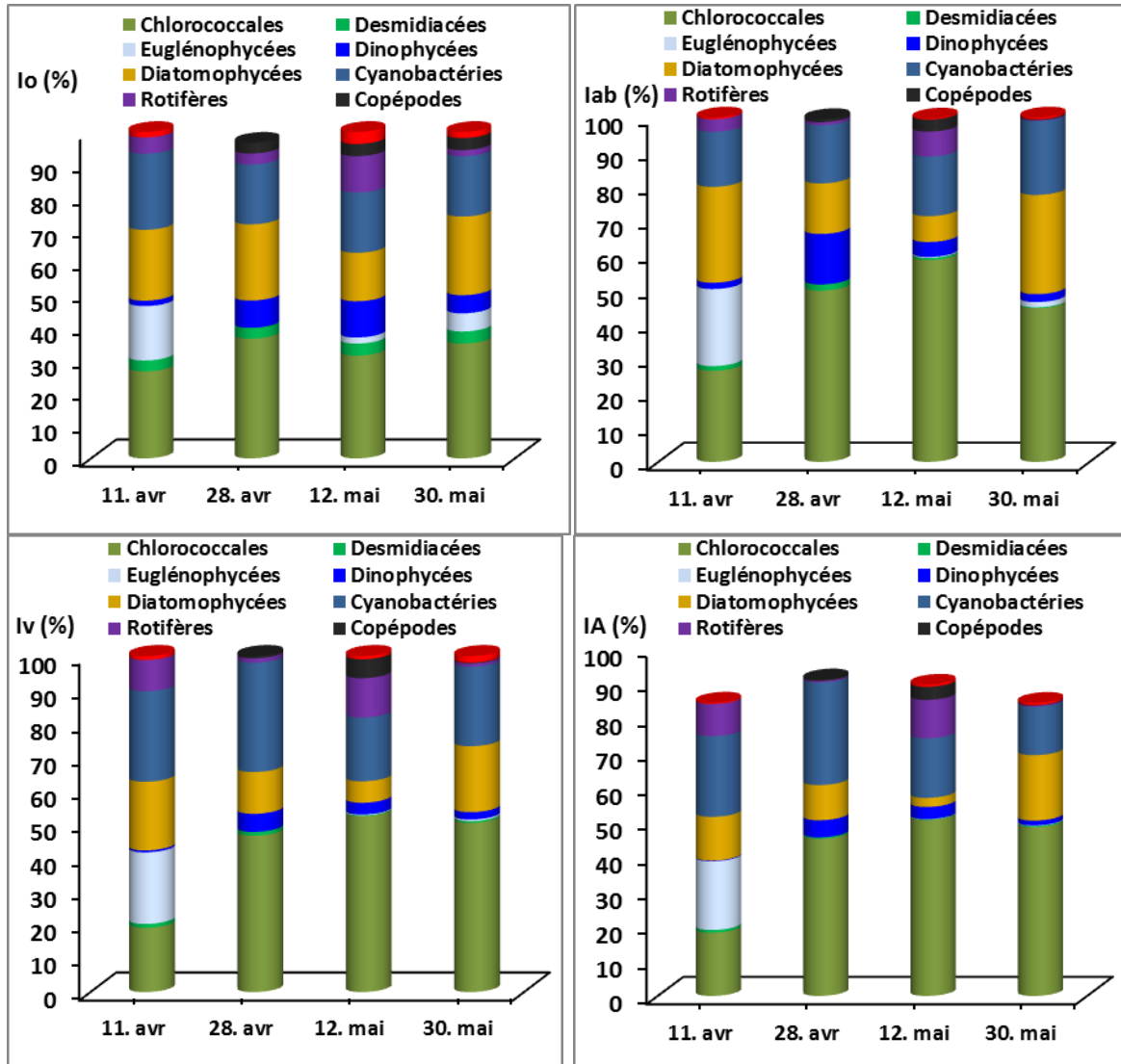
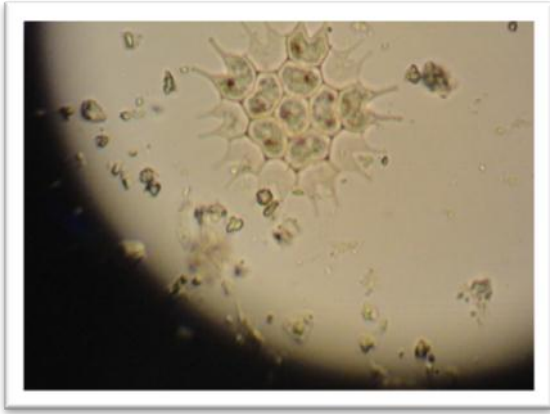


Figure 85: Les indices d'occurrence (Io), d'abondance (Iab), volumétrique (Iv) et alimentaire (IA) en pourcentage des groupes d'items proies dans les contenus des tubes digestifs des géniteurs de la carpe argentée, en fonction de la taille.

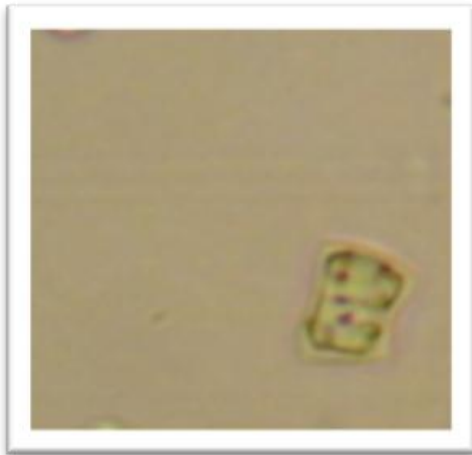
*Régime alimentaire des géniteurs*



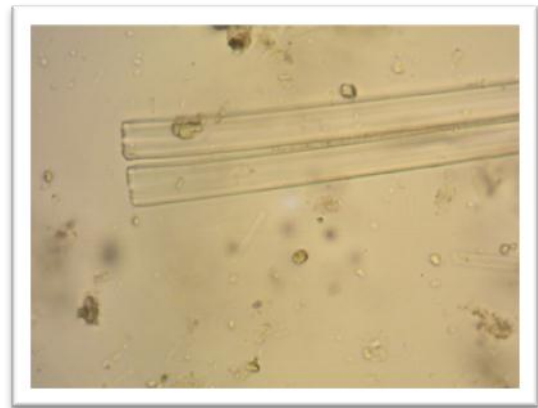
*Photo 33 : Pediatrum boryanum var. typicum*



*Photo 34 : Pediatrum simplex var. sturmii*



*Photo 35 : Tetradron minimum*



*Photo 36: Nitzschia linearis*

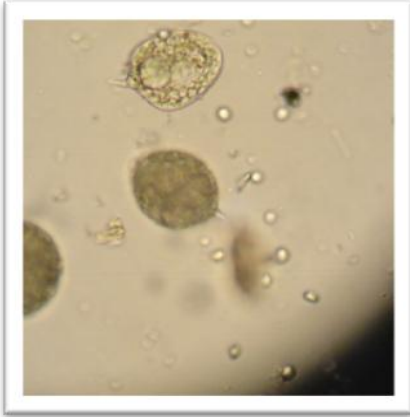


*Photo 37 : Cyclotella bodanica*

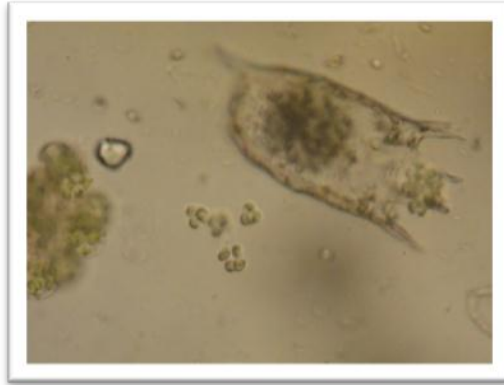


*Photo 38 : Euglena deses var. tenuis*





*Photo 39 : Phacus orbicularis*



*Photo 40 : Keratella cochlearis*



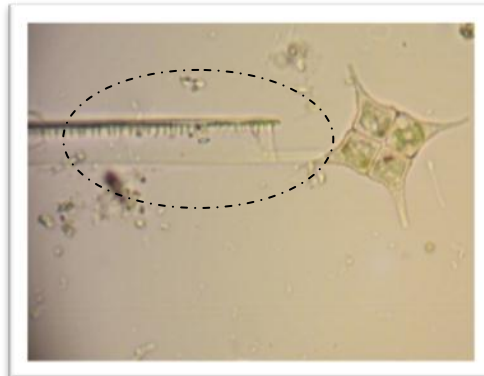
*Photo 41 : Staurastrum orbiculare*



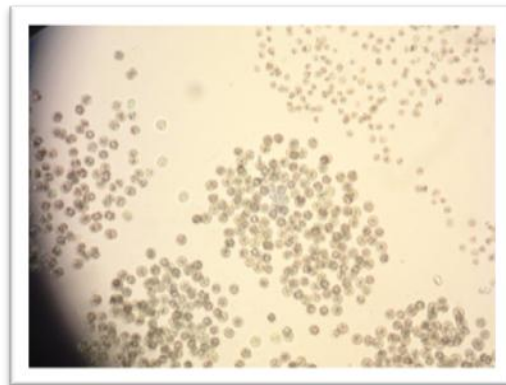
*Photo 42 : Peridinium aciculiferum*



*Photo 43 : Fragment de Pediastrum simplex var. sturmi*



*Photo 44 : Fragment de Nitzschia linearis*



*Photo 45 : Microcystis aeruginosa*

- L'analyse des contenus des tubes digestifs du 28 mai a montré que, les Ceratophyles représentées par *Ceratophyllum submersum* (Io=49,54%, Iab=45,98%, Iv=93,55%) ont été des proies accessoires, les plus abondantes et les plus importantes en volume de proies. Les Diatomophycées (Io=25,75%, Iab=42,33%, Iv=4,54%) malgré qu'elles sont abondantes et que leurs Io>20%, elles ont été accidentelles dans l'alimentation de cette espèce puisque toutes les espèces de ce groupes d'algues ne sont pas digérées. Tous les autres groupes (Chlorophycées, Desmidiacées, Euglénophycées, Dinophycées et Cyanobactéries) ont été des proies accidentelles. L'indice alimentaire a montré que *Ceratophyllum submersum* a été une proie dominante (IA=84,19%>50), les autres sont des proies secondaires dans la composition alimentaire de ces géniteurs.
  
- Le 12 mai est caractérisé par la prédominance de *Ceratophyllum submersum* (Io=60%, Iab=68,29%, Iv=96,86% et IA=87,18%) dans les contenus des tubes digestifs examinés, cette macrophyte est une proie accessoire dans l'alimentation de cette espèce de carpe et elle est la plus importante en volume de proies. Les autres groupes d'aliments ; les Diatomophycées (Io=22,22%, Iab=17,07%, Iv=1,51% et IA=0,67%), les Chlorococcales (Io=13,33%, Iab=7,31%, Iv=0,97% et IA=0,61%) et les Rotifères (Io=4,44%, Iab=7,31%, Iv=0,65% et IA=0,21%) ont été des proies secondaires et accidentels dans le régime alimentaire.
  
- Le 30 mai est marqué également par l'abondance de *Ceratophyllum submersum* (Io=13,77%, Iab=34,48%, Iv=45,58% et IA=41,03%) et de *Chara vulgaris* (Io=13,77%, Iab=27,58%, Iv=36,46% et IA=32,82%). Le gazon (Io=27,55%, Iab=6,89%, Iv=9,11% et IA=8,2%) malgré qu'il est moins abondant il a été accessoire dans l'alimentation de cette espèce. Les graines de végétaux, les Chlorococcales, les Desmidiacées, les Diatomophycées et les Cyanobactéries (Io<20%) sont toutes accidentelles. Cependant, la Cératophyle et la Characée forment l'essentiel des groupes présents dans le profil de l'espèce.

Régime alimentaire des géniteurs

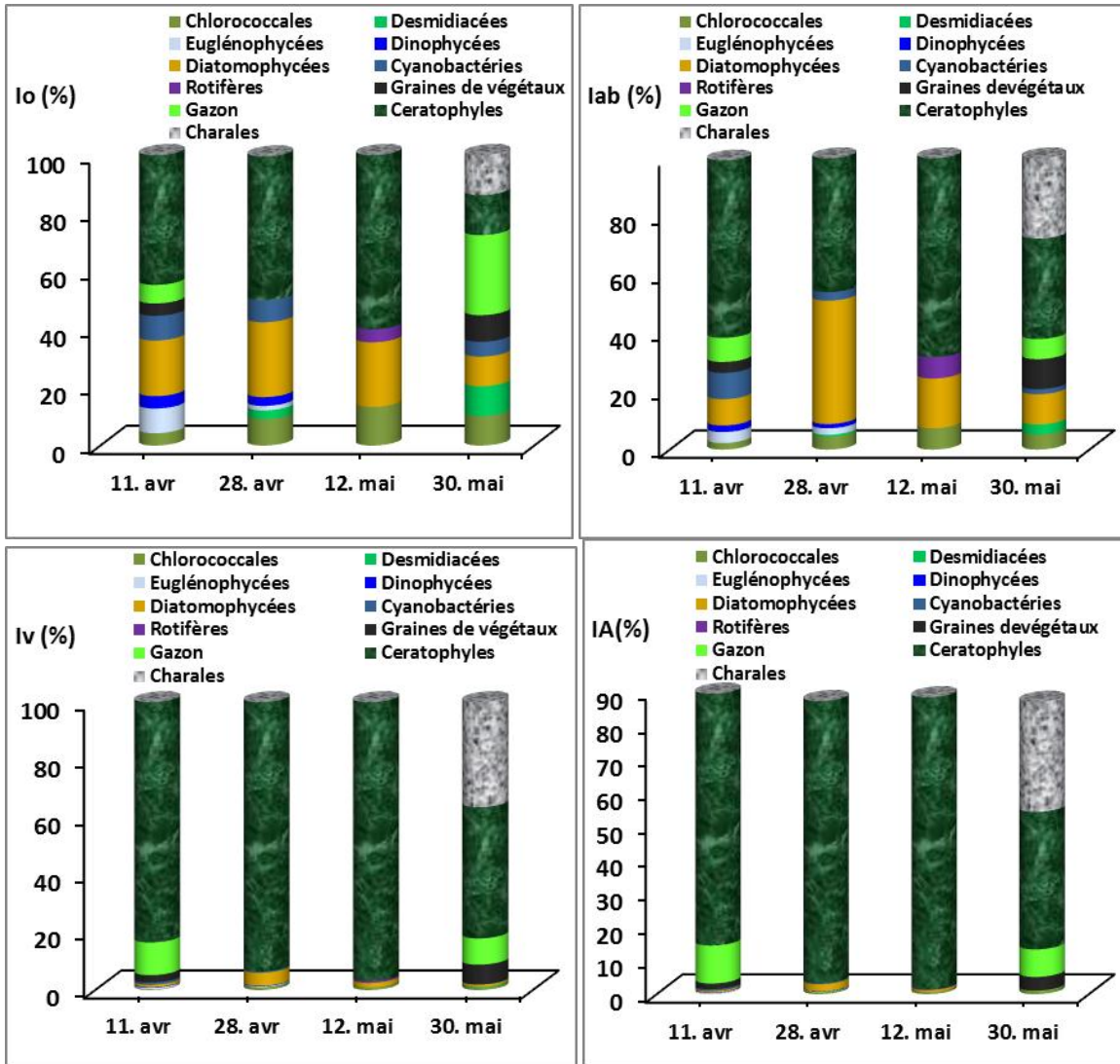


Figure 86: Les indices d'occurrence (Io), d'abondance (Iab), volumétrique (Iv) et alimentaire (IA) en pourcentage des groupes d'items proies dans les contenus des tubes digestifs des géniteurs de la carpe herbivore, en fonction de la taille.

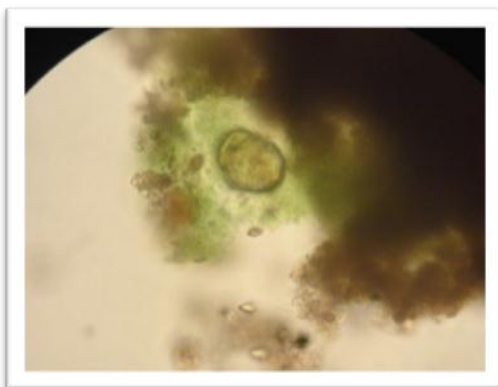


Photo 46 : masse verte

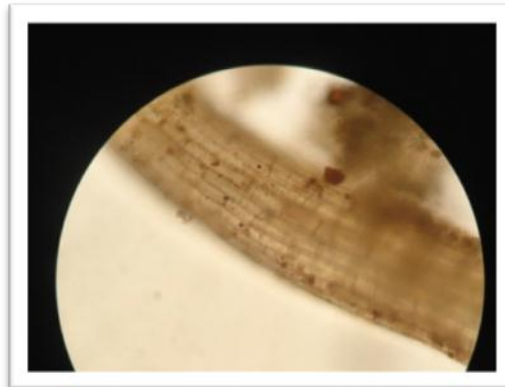


Photo 47: Fragment de Ceratophyllum submersum

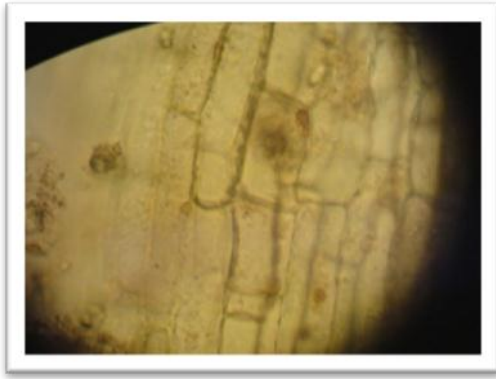


Photo 48 : Fragment de gazon

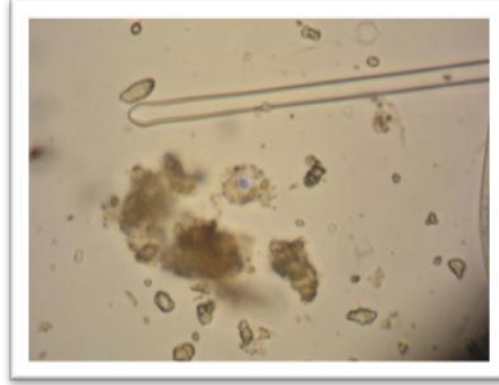


Photo 49: Synedra sp

### 3.2.3 Carpe commune

L'analyse temporelle des contenus des tubes digestifs des géniteurs de la carpe commune montre que l'ensemble des aliments inventoriés est représenté dans 20% de chaque contenu du tube digestif car les 80% qui reste est sous forme d'une masse dégradée (figure 87).

- Le 11 avril et en terme d'occurrence et d'abondance, les graines de végétaux ( $I_o=30\%$ ,  $I_{ab}=75\%$ ) sont les plus consommées et les plus abondantes dans les contenus des tubes digestifs examinées, viennent ensuite la matière organique en cours de dégradation (photo 50) ( $I_o=20\%$ ,  $I_{ab}=15\%$ ), la macrophyte *Ceratophyllum submersum* ( $I_o=20\%$ ,  $I_{ab}=2,5\%$ ), les Desmidiacées ( $I_o=20\%$ ,  $I_{ab}=2,5\%$ ) et les Diatomophycées ( $I_o=10\%$ ,  $I_{ab}=5\%$ ).

Les graines de végétaux ( $I_v=67,42\%$ ,  $I_A=67,4\%$ ) sont des proies dominantes dans l'alimentation de ces géniteurs, la matière organique en cours de dégradation ( $I_v=26,97\%$ ,  $I_A=17,98\%$ ) constitue une proie importante et tous les autres items proies ont été secondaires voir accidentels dans le profil de l'espèce.

- D'après les indices alimentaires du 12 mai, *Ceratophyllum submersum* ( $I_o=27,84\%$ ,  $I_{ab}=26,53\%$ ,  $I_v=69,22\%$  et  $I_A=62,3\%$ ) a été un aliment accessoire et a été le plus abondant et le plus dominant dans la composition alimentaire de ces poissons. La Characée (*Chara vulgaris*) ( $I_o=20,62\%$ ,  $I_{ab}=4,08\%$ ,  $I_v=10,65\%$  et  $I_A=7,09\%$ ), les Diatomophycées ( $I_o=10,31\%$ ,  $I_{ab}=14,29\%$ ,  $I_v=2,32\%$  et  $I_A=1,55\%$ ), les Chlorococcales ( $I_o=12,89\%$ ,  $I_{ab}=16,33\%$ ,  $I_v=3,82\%$  et  $I_A=1,6\%$ ) et toutes les autres proies (Desmidiacées, Dinophycées, Cyanobactéries et Copépodes) ont été secondaires ( $0 < I_A < 10$ ) dans le profil alimentaire de l'espèce.
- Le 30 mai est caractérisé par la présence de *Ceratophyllum submersum* ( $I_o=58,06\%$ ,  $I_{ab}=60,6\%$ ,  $I_v=72,56\%$  et  $I_A=65,3\%$ ), de la matière organique en cours de dégradation ( $I_o=20,43\%$ ,  $I_{ab}=21,21\%$ ,  $I_v=25,39\%$  et  $I_A=24,12\%$ ) et des Diatomophycées ( $I_o=21,5\%$ ,  $I_{ab}=18,18\%$ ,  $I_v=2,04\%$  et  $I_A=0,68\%$ ). Ces trois

aliments ont été par ordre d'importance les plus abondants et les plus récurrents dans la composition de ces géniteurs.

- *Ceratophyllum submersum* continue a dominé le 09 juin avec  $I_o=23,07\%$ ,  $I_{ab}=42,1\%$ ,  $I_v=81,78\%$  et  $I_A=81\%$ . Viennent ensuite les larves d'insectes (photo 51) avec  $I_o=15,38\%$ ,  $I_{ab}=5,26\%$ ,  $I_v=10,22\%$  et  $I_A=6,81\%$ , les Diatomophycées avec  $I_o=38,46\%$ ,  $I_{ab}=21,05\%$ ,  $I_v=1,59\%$  et  $I_A=1,38\%$  et les Chlorococcales avec  $I_o=23,07\%$ ,  $I_{ab}=31,58\%$ ,  $I_v=6,38\%$  et  $I_A=2,55\%$ .

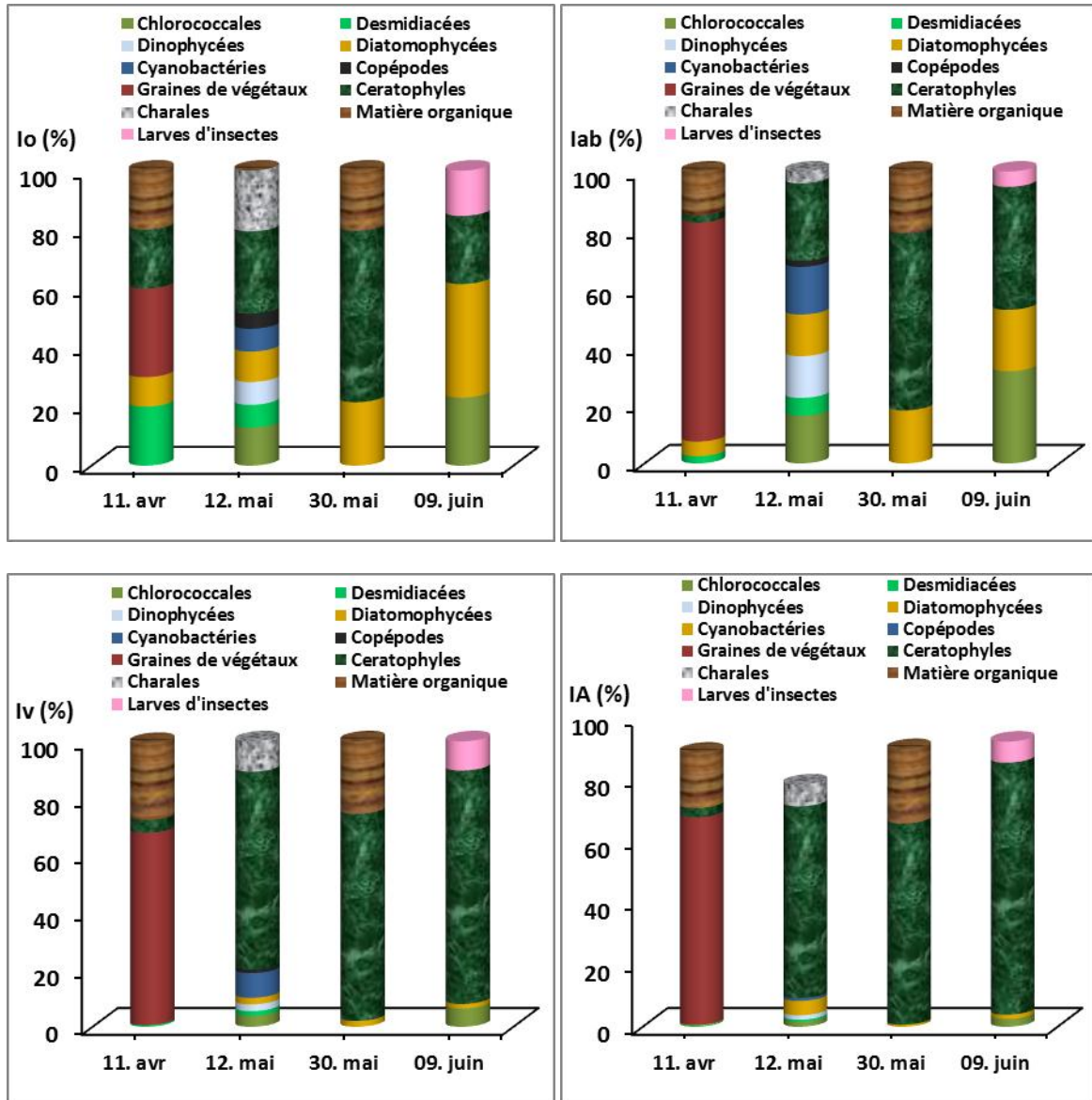


Figure 87 : Les indices d'occurrence ( $I_o$ ), d'abondance ( $I_{ab}$ ), volumétrique ( $I_v$ ) et alimentaire ( $I_A$ ) en pourcentage des groupes d'items proies dans les contenus des tubes digestifs des géniteurs de la carpe commune, en fonction de la taille.

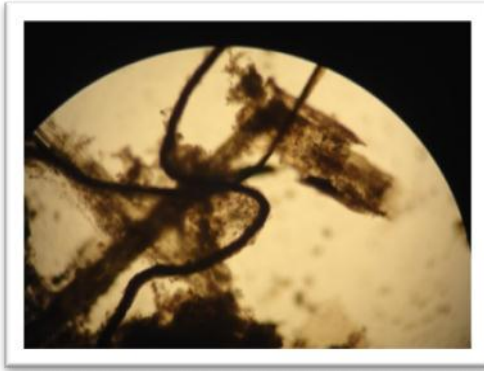


Photo 50 : Matière organique en cours de dégradation



Photo 51 : Larve d'insecte

#### 4. Discussion et conclusion

- Performances de croissance des géniteurs de carpes

Pour les géniteurs de la carpe argentée, le gain de poids le plus important enregistré entre J31 et J49 (25 g/j) a coïncidé d'une part avec des températures élevées de 26,8 à 30,2°C et, d'autre part, avec l'absence de macrophytes et d'algues filamenteuses dans le milieu ce qui entraîne une prolifération du phytoplancton avec 1,27 à 2,45.10<sup>5</sup> cellules, filaments et colonies/l, ce gain de poids peut être expliqué aussi par la densité de la carpe argentée mis en élevage, qui est de 1 individu/100 m<sup>2</sup> (correspond à 1 individu/150 m<sup>3</sup>). Berday (2007) rapporte que la carpe argentée produite en association à la carpe commune dans un effluent du lagunage à haut rendement avec une densité de la carpe argentée de 8,5 individus/m<sup>3</sup>, présente un gain de poids de 2 g/j à des températures de 28 à 30,3°C. Selon Kolar et al. (2005), la carpe argentée peut atteindre 1 kg de 55 jours à 5 mois d'élevage.

La diminution du poids moyen des géniteurs de la carpe herbivore en période J31 – J59, est fortement liée au manque de la nourriture disponible pour cette espèce de carpes marquée par la disparition progressive de la macrophyte et des algues filamenteuses de l'étang D2. Au cours de cette période une perte de poids de l'ordre de 133,33 g a été enregistrée. Le gain de taille est important, il est de 6,33 cm en 59 jours. Gorbach (1961) rapporte qu'au niveau du bassin du fleuve Amour, la croissance en longueur des populations naturelles de la carpe herbivore est assez lente avec 9-10 cm par an les 4 ou 5 premières années, 6-7 cm durant la sixième et septième année et 2,5 cm après la huitième année (figure 88).

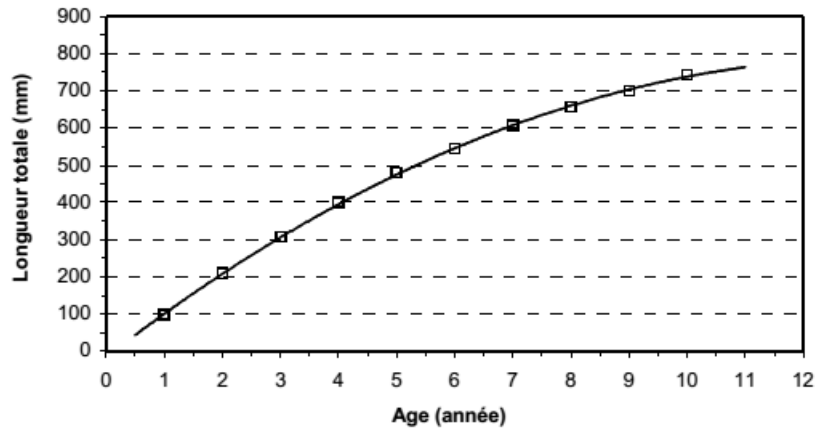


Figure 88: Croissance en longueur de la carpe herbivore en milieu naturel (bassin du fleuve Amour), (Gorbach, 1961).

Shireman et al. (1980) et Shireman et Maciena (1980) ont observé des croissances meilleures dans deux types de lac en Floride (figure 89). Ainsi, dans le lac Wales, des carpes herbivores d'un poids moyen de 90 g ont atteint un poids corporel de 15 kg après 4 ans (vitesse de croissance moyenne de 10,6 g/j). Une croissance encore meilleure a été observée dans le Lac Baldwin pour des carpes herbivores d'un poids moyen initial et final respectivement de 79 g et 9,170 kg en deux ans, soit une vitesse de croissance journalière de 12,9 g.

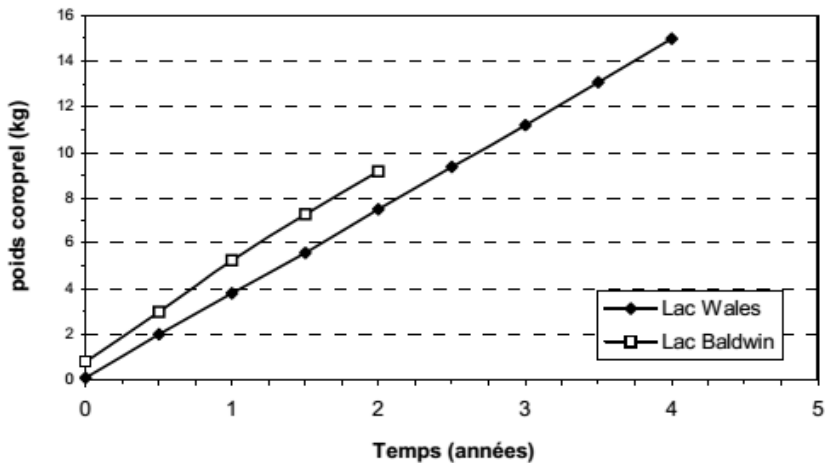


Figure 89: Croissance de carpe herbivore, dans deux lacs de Floride (Shireman et al.1980 et Shireman et Maciena, 1980)

Le gain de poids des géniteurs de la carpe commune est très important (20,34 g/j), il est fonction de la biodisponibilité alimentaire du milieu et de la densité des poissons mis en élevage. Schaperclaus(1962) estime qu'un carpillon d'un été pèse en moyenne 30g. Dans un étang riche, ce dernier peut atteindre 500g. Dans la nature, cette espèce de carpe ne pèse deux kilogrammes qu'à l'âge de 4 ans alors qu'en pisciculture, le poisson atteint ce poids en 2 ans.

Dans notre polyculture, aucun aliment ni fertilisant n'ont été distribués, la seule intervention humaine a été l'ajout de l'eau de puits en cas de nécessité. Comme il a été montré par Hasnaoui et al. (2002a), les trois espèces de carpes présentes exploitent au maximum les

ressources du milieu (le phytoplancton par la carpe argentée, les macrophytes et algues filamenteuses par la carpe herbivore et la matière organique morte (déjections de la carpe herbivore) et les détritiques par la carpe commune (photo 52 et 53).



*Photo 52: Etang D2 avant introduction des géniteurs de la carpe herbivore et la carpe commune.*



*Photo 53: Etang D2 après introduction des géniteurs de la carpe herbivore et la carpe commune.*

Cette polyculture montre qu'il y a une complémentarité entre les espèces présentes. Ceci est en accord avec les résultats de Hasnaoui et al. (2002a). Ces auteurs montrent qu'en polyculture associant la carpe argentée, la carpe herbivore, la carpe commune type écailles, la carpe commune type miroir et le black bass ; les espèces présentent une complémentarité et chacune agissant à un niveau différent du réseau trophique. Fontaine (1989) rapporte que le taux de croissance spécifique est fonction du comportement du poisson, lui-même soumis aux caprices de la climatologie (temps couvert, vent ou pluie), aux variations des matières premières composant de l'aliment, etc.

La carpe commune montre un taux de croissance important (0,54 %/j). Ce taux est seulement de 0,42 et 0,2 %/j respectivement pour la carpe argentée et la carpe herbivore. Ce résultat corrobore celui donné par Hasnaoui (2001) qui précise que la carpe commune peut être considérée comme un excellent animal zootechnique en raison de la croissance exceptionnelle qu'elle a montrée.

La carpe herbivore présente le taux de croissance le plus faible par rapport aux autres carpes, ceci est fortement lié d'une part au manque de la nourriture dans le milieu (disparition complète de la macrophyte suite à sa consommation par ce poisson) et d'autre part à l'avènement de la sexualité ; l'énergie ingérée n'étant plus investie uniquement dans la constitution somatique (muscle) mais aussi dans la production des gamètes (Barnabé, 1991 ; Hasnaoui, 2001).

Le tableau 39 résume le taux de croissance spécifique de la carpe argentée au niveau d'un certain nombre de milieux Marocains. Dans l'étang de la Deroua, le taux de croissance enregistré en 2014 est supérieur à celui en 1997 (0,12 %/j), ceci est surtout lié à la densité de poissons mis en élevage qui est de 0,02 individu/m<sup>3</sup> en 2014 et de 0,03 individu/m<sup>3</sup> en 1997.



Néanmoins, ce taux de croissance est nettement inférieur à celui enregistré dans des lacs-réservoirs (Sidi Mohammed Ben Abdellah, El Kansera et Smir) dans lesquels cette espèce a été introduite pour lutter contre l'eutrophisation des eaux (ONEP, 1996). Ce résultat peut être expliqué par la disponibilité des nutriments dans les lacs d'une part, et par leur grande superficie d'autre part d'où la faible compétition vis-à-vis des nutriments et de l'espace (Hasnaoui et al., 2002a).

**Tableau 39: Taux de croissance spécifique de la carpe argentée dans différents milieux Marocains.**

Les données sur les lacs-réservoirs sont inspirées du rapport de synthèse de l'Office Nationale de l'eau potable (ONEP, 1996). Celles sur les étangs de la station Deroua 1997 du travail de Hasnaoui et al., (2002 a).

	Lac-réservoir Sidi Mohammed Ben Abdellah (1989)		Lac-réservoir El Kansera (1995)	Lac-réservoir Smir (1995)	Étangs de la Deroua géniteurs (1997)	Étangs de la Deroua géniteurs (2014)
Poids initial (g)	1,3	1,3	5	10	3 360	2890
Poids final (g)	300	4 000	50	2 500	4 060	3550
Nombre de jours de croissance (jours)	90	365	30	210	164	49
Taux de croissance spécifique (%/j)	6,05	2,2	7,67	2,63	0,12	0,42

D'après les résultats obtenus et comme il a été montré par Hasnaoui et al. (2002a), la polyculture (CA+CH+CC) en climat semi-aride a un effet bénéfique sur la production piscicole nette puisque chaque espèce joue un rôle dans la chaîne alimentaire. Le gain de poids est plus important pour la carpe commune qui montre une croissance exceptionnelle dans l'étang.

## ▪ Régime alimentaire

### a. Carpe argentée

L'analyse des contenus des tubes digestifs des mêmes individus, le long de la période d'étude montre que, les stades géniteurs de la carpe argentée consomment généralement des Chlorococcales et des Diatomophycées avec une nette préférence pour les espèces de grande taille telles que *Pediastrum simplex* var. *sturmii*, *Scenedesmus protuberans* et *Nitzschia linearis* en plus de *Coelastrum microporum* var. *microporum* et *Coelastrum reticulatum* var. *reticulatum* qui sont consommées aussi par les stades alevins et les stades carpillons. *Coelastrum microporum* var. *microporum* et *Scenedesmus protuberans* sont les deux espèces les plus dominantes dans l'étang D2 de grossissement de ces géniteurs durant toute la période d'étude.

Ces résultats obtenus corroborent avec ce qui a été trouvé par Domaizon et Devaux (1999), ces auteurs rapportent que la sélectivité de la taille des particules pouvant ingérée par

la carpe argentée semble relativement constante au cours de la croissance, car la taille des pores du filtre ne change pas. Cependant les géniteurs ainsi que les carpillons ingèrent des proies de grande taille (*Pediastrum simplex* var. *sturmii*, *Scenedesmus protuberans*) et par la suite elles les digèrent alors que ceux ingérées au stade alevins reste non dégradées. Donc les filtreurs ne détectent pas individuellement les proies mais retiennent le plancton sur leurs filtres branchiaux. Ils sélectionnent donc leurs proies de manière passive, et l'efficacité de la filtration dépend, en grande partie, de la structure du filtre branchial et de la taille des particules (Lazzaro, 1987). Domaizon et Devaux (1999) ont montré aussi qu'à 20°C, la carpe argentée filtre l'eau et les particules en suspension à une cadence maximale de 18 à 25 litres.

Ainsi, nous pouvons constater que la sélectivité des proies par ces poissons tient compte de la disponibilité des aliments dans le milieu. Ce qui est en accord avec les résultats de Paugy et Lévêque (2006), ces deux auteurs trouvent que la diversité de l'alimentation tributaire de la richesse des proies ingérées est vraisemblablement dépendante des proies disponibles dans le milieu.

Une grande partie des cellules phytoplanctoniques, en particulier les Cyanobactéries, peut suivre un transit intestinal sans être digérée (Dokulil, 1979 ; Vörös et al., 1997). La présente étude montre bien que les Cyanobactéries (*Microcystis aeruginosa*, *Microcystis viridis* et *Chroococcus limneticus*) identifiées au niveau des contenus des tubes digestifs des géniteurs de la carpe argentée ont été ingérées mais elles ne sont pas digérées. Ces résultats est en accord avec ce qui a été trouvé par Hasnaoui et al. (2002a), ces auteurs rapportent que l'analyse des pelotes fécales des carpillons de l'étang de la Deroua a révélé l'existence d'un grand nombre de colonies de *Microcystis aeruginosa*. Nous avons réalisé en 2014 une analyse comparative sur des pelotes fécales des géniteurs de deux étangs E et F de la Deroua qui a montré que ces déjections sont riches en colonies de *Microcystis aeruginosa* (photo 54) en plus de quelques Rotifères et Cladocères (photo 55). Les résultats trouvés confirment ceux trouvées par Hasnaoui et al. (2002a).

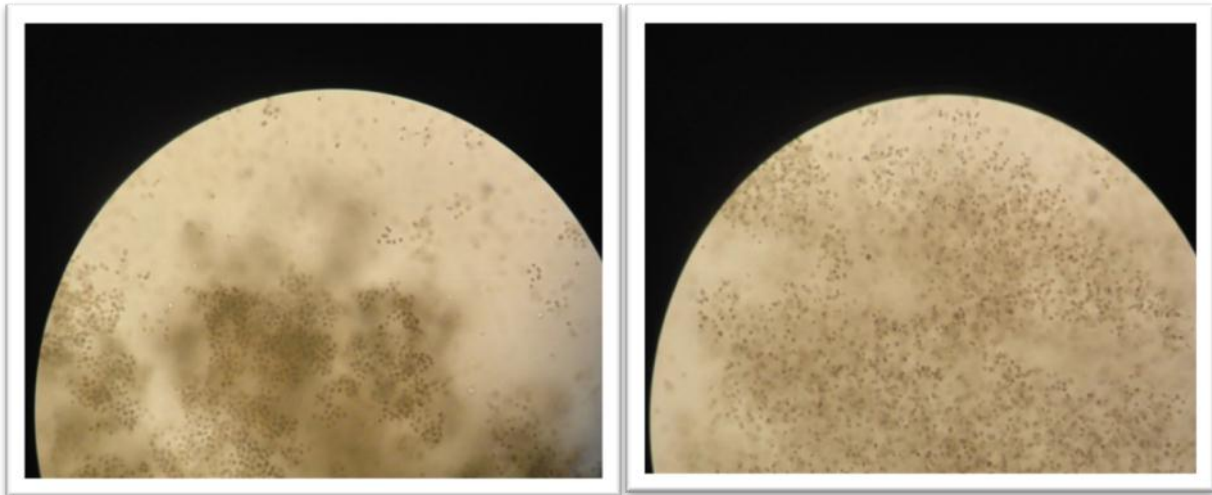


Photo 54 : *Microcystis aeruginosa* trouvée dans les excréments des géniteurs de la carpe argentée.

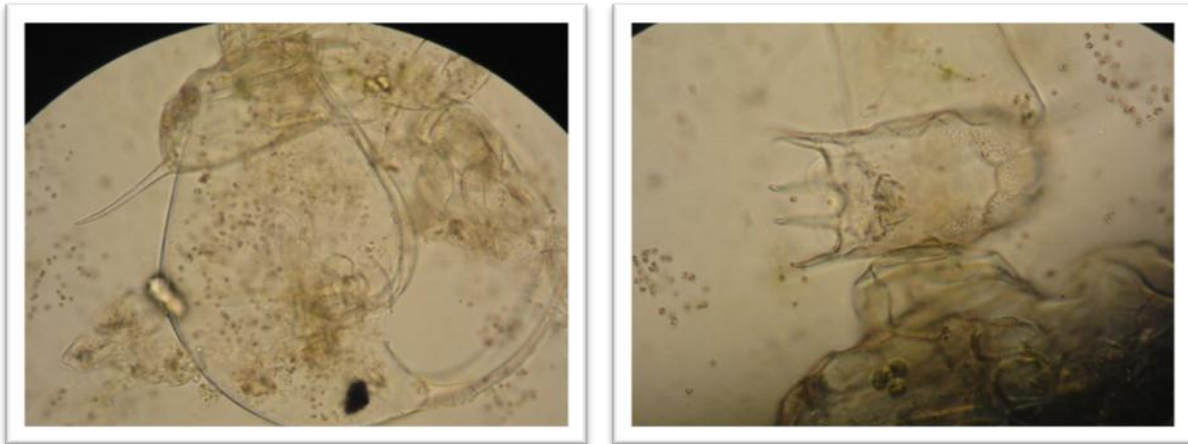


Photo 55 : Cladocères (*Bosminida* sp) et Rotifères (*Keratella cochlearis*) répertoriées au niveau des excréments des géniteurs de la carpe argentée.

### **b. Carpe herbivore**

Les importances quantitative et qualitative de *Ceratophyllum submersum*, de *Chara vulgaris* et du gazon ont varié en fonction du temps. Aussi, a-t-on observé que la Ceratophyle *Ceratophyllum submersum* (IA=68,94%) et le gazon (IA=11,34%) sont les proies les plus préférées des géniteurs de la carpe herbivore le 11 avril, et que seule *Ceratophyllum submersum* (IA=84,18% et IA=87,18%) domine respectivement le 28 avril et le 12 mai, alors que le 30 mai, en plus de la codominance du *Ceratophyllum submersum* (IA=41,03%), l'apparition du *Chara vulgaris* (IA=32,82%) et du gazon (IA=8,2%) dans le régime alimentaire est remarquée. Cette variabilité alimentaire observée durant cette période d'étude pourrait s'expliquer par la réduction du *Ceratophyllum submersum* ressource trophique préférée par ces géniteurs. D'après Cudmore et Mandrak (2004), Pípalová (2006), la carpe herbivore consomme les espèces préférées en premier jusqu'à ce qu'elles deviennent rares.

L'absence de certaines algues filamenteuses dans les contenus des tubes digestifs examinés malgré leur présence dans l'étang au début du grossissement est fortement liée à leur dégradation complète lors du transit intestinal, ainsi ces algues présentes en faibles proportions par rapport à la macrophyte et la characée qui occupent tout le fond de l'étang. D'après les résultats trouvés, nous constatons clairement que *Ceratophyllum submersum*, *Chara vulgaris*, les algues filamenteuses planctoniques (*Spirogyra majuscula* et *Spirogyra varians*) et le gazon sont par ordre d'importance les aliments les plus consommés et les plus digérés par les géniteurs de la carpe herbivore. Ces résultats en plus de ceux trouvés pour les alevins et les carpillons de la carpe herbivore prouvent que la préférence pour les algues filamenteuses représentées par *Spirogyra majuscula* et *Spirogyra varians* diminue du stade alevins au stade géniteurs. Ces résultats corroborent ceux de Masser (2002) qui rapporte que la préférence pour les algues filamenteuses semble décroître avec l'âge. Ainsi, Cudmore et Mandrak (2004) ont montré que d'autres plantes sont aussi consommées si les espèces préférées sont absentes, comme des algues filamenteuses ou des macrophytes avec des feuilles plus dures.

La présence d'une fraction importante du *Ceratophyllum submersum* partiellement dégradée dans les contenus des tubes digestifs examinés est fortement liée au système digestif peu performant en ce qui concerne les plantes. Elle assimile moins de 50% de la matière végétale qu'elle consomme et excrète le reste partiellement digéré (Galveston Bay Foundation, 2002). Cet auteur signale qu'à 22°C, la carpe herbivore peut consommer entre 100 et 200% de son poids, voire jusqu'à 300% par jour.

La grande préférence alimentaire de la carpe herbivore vis-à-vis de la Ceratophyle représentées au niveau des étangs de la Deroua par *Ceratophyllum submersum* pourrait être liée à la nature de cette macrophyte. Shireman et Smith (1983), Dibble et Kovalenko (2009) rapportent que les adultes de cette espèce sont sélectifs dans le choix des plantes qu'ils consomment, préférant les plantes immergées avec des feuilles douces et des tissus mous. Cross (1969) a montré que les plantes consommées par la carpe herbivore par ordre approximatif de préférence sont l'*Elodea canadensis*, *Ceratophyllum demersum*, *Chara sp.* etc. Alors que Pípalová (2002) classe *Ceratophyllum demersum* par ordre de préférence la sixième à consommer suivi de *Spirogyra sp.* en septième position par rapport aux espèces préférentiellement consommées.

A partir des résultats trouvés par la présente partie, le tableau 40 ci-dessous résume les espèces préférentiellement consommées par les géniteurs de la carpe herbivore au niveau des étangs de grossissement de la Deroua.

Tableau 40: Liste des espèces préférentiellement consommées par la carpe herbivore en Amérique du Nord, classées approximativement par ordre de préférence

Préférence	Espèce	Type
1	<i>Ceratophyllum submersum</i>	Macrophyte
2	<i>Chara vulgaris</i>	Characée
3	<i>Spirogyra majuscula</i> et <i>Spirogyra varians</i>	Algues filamenteuses
4	Gazon	Graminée

**c. Carpe commune**

Durant l'étude, le spectre alimentaire des géniteurs de la carpe commune a été largement dominé par *Ceratophyllum submersum* partiellement dégradée, à l'exception, du 11 avril où les graines de végétaux forment l'essentiel des aliments présents dans les contenus des tubes digestifs examinés avec la présence d'une fraction non négligeable de la matière organique.

L'apparition, en parallèle à ces proies dominantes, d'autres composantes telles que la matière organique en cours de dégradation, les larves d'insectes, des fragments de *Chara vulgaris*, des Copépodes et du phytoplancton non dégradé montre bien qu'en plus d'être fouilleur des fonds, cette espèce présente la capacité à sélectionner ses aliments préférés qui sont dans notre cas les graines de végétaux et les larves d'insectes. D'après Ranson (2003), la carpe ingère des aliments très variés, leur régime omnivore à tendance carnivore implique la consommation d'organismes vivant sur le fond, le zoobenthos, et de particules végétales et le phytoplancton. En outre, Taran (1936) relève que, l'analyse du contenu intestinal des carpillons de moins d'une année par la méthode d'occurrence a donné les résultats représentés dans la figure 90 ci-dessous. Berday (2007) rapporte que le contenu du tube digestif de la carpe commune élevée dans un effluent du lagunage à haut rendement est riche en débris de *Corixa sp.*, de Rotifères et de matière organique amorphe, en plus d'une faible présence de phytoplancton et de ciliés. Cet auteur ajoute que, les algues benthiques qui se développent sur les parois du bassin d'élevage (*Lygbya sp.*) sont également utilisées comme nourriture par cette espèce.

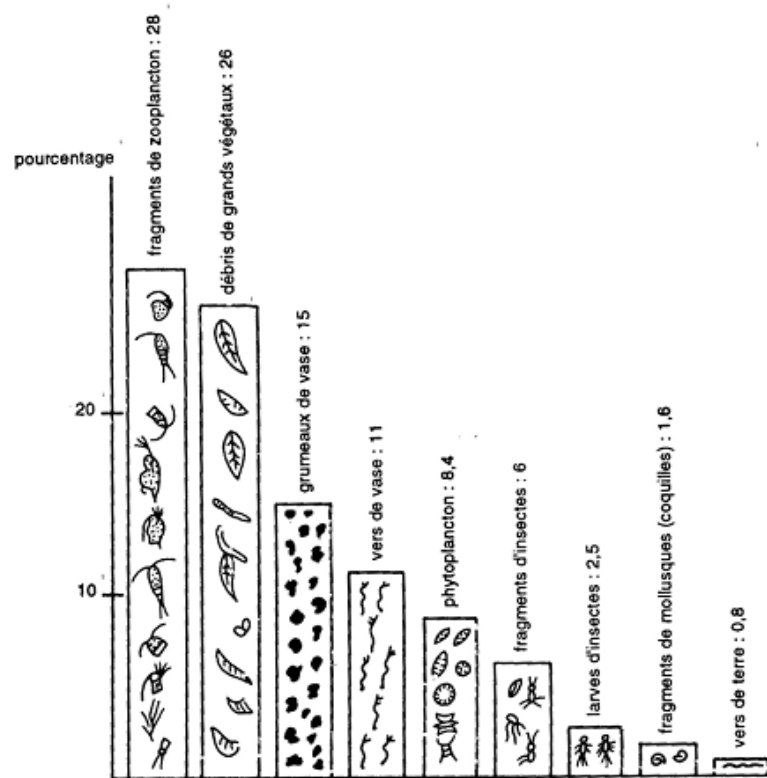
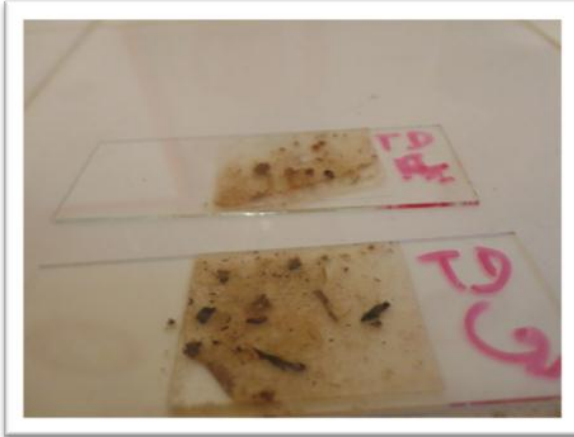


Figure 90: Les différentes proies trouvées au niveau du contenu intestinal de carpillons (la carpe commune)

(Taran 1936).

D'après les résultats trouvés pour les alevins (partie 1) et les carpillons (partie 2) de cette espèce, nous avons observé que le régime alimentaire de ce poisson pouvait varier assez considérablement en fonction de la disponibilité des proies préférées dans le milieu. Il semblerait en effet que cette espèce de carpes soit capable d'élargir ses préférences alimentaires en fonction de la plus ou moins grande disponibilité des proies qu'ils consomment habituellement. Autrement dit, lorsque les graines de végétaux et les larves d'insectes sont moins abondantes dans l'étang, la nourriture devient surtout sous forme de matière organique partiellement dégradée (*Ceratophyllum submersum* et *Chara vulgaris*) ou en cours de dégradation provenant des excréments de la carpe herbivore (photo 56 et 57). Galveston Bay Foundation (2002) rapporte que la carpe herbivore assimile moins de 50% de la matière végétale qu'elle consomme et excrète le reste partiellement digéré.



*Photo 56: Contenu du tube digestif des géniteurs de la carpe commune étalé entre lame et lamelle en vue d'être identifié au microscope.*



*Photo 57: Matière organique en cours de dégradation (deux fragment de Ceratophyllum submersum).*

# **Synthèse et Conclusion générale**



## Synthèse et Conclusion générale

Au terme de ce travail, la variabilité des paramètres physico-chimiques et biologiques (zooplancton, phytoplancton et régime alimentaire des poissons) au niveau des étangs de production d'*Hypophthalmichthys molitrix* (carpe argentée), de *Ctenopharyngodon idella* (carpe herbivore) et de *Cyprinus Carpio* (carpe commune) du stade alevin au stade adulte (géniteur) a rapporté plusieurs informations scientifiques et vient compléter les travaux de recherche antérieurs. L'objectif final était de déterminer les préférences alimentaires en fonction de l'espèce, de la taille et des caractéristiques du milieu.

Le suivi de l'évolution des paramètres physico-chimiques de l'eau des étangs de pisciculture de la Deroua a montré que ces eaux sont favorables au développement des alevins. Les principales évolutions mises en évidence sont dues essentiellement aux dilutions suite aux apports d'eau de puits pour compenser les pertes dues à l'infiltration.

La comparaison entre la croissance en poids et celle en taille chez les alevins de trois espèces CA, CH et CC, montre que la croissance de la carpe herbivore et de la carpe commune est très importante que celle de la carpe argentée ; Ceci serait probablement lié à la croissance des algues filamenteuses (*Spirogyra majuscula* et *Spirogyra varians*) en surface, de la Characée *Chara vulgaris* et de la macrophyte *Ceratophyllum submersum* au fond des étangs. Ces espèces viennent puiser les éléments nutritifs nécessaires au développement naturel des populations phytoplanctoniques servant de nourriture pour la carpe argentée. Dans ces étangs d'alevinage, les alevins de la carpe herbivore ont montré une croissance symétrique alors que celle des alevins de la carpe argentée et de la carpe commune est allométrique. Nous notons que ces deux dernières espèces ont tendance à grossir davantage que la carpe herbivore au fur et à mesure qu'ils grandissent.

Au cours de la période d'alevinage 2013, les Diatomophycées et les Chlorococcales sont les groupes les plus importants et les plus diversifiés du phytoplancton des étangs d'alevinage. *Nitzschia dissipata*, *Nitzschia amphibia* et *Navicula veneta* sont les espèces de Diatomées les plus dominantes. Dans la classe des Chlorococcales, c'est le genre *Coelastrum reticulatum* var. *reticulatum* qui prédomine. Au sein des Cyanobactéries, trois espèces à savoir *Merismopedia punctata*, *Oscillatoria tenuis*, et *Phormidium tenue* sont les plus rencontrées durant cette période. La succession des populations phytoplanctoniques est donc largement conditionnée par les paramètres physico-chimiques.

Pendant cette même période, l'étude du régime alimentaire des alevins de la **carpe argentée** dont la taille varie de 0,9 à 3,4 cm confirme le caractère phytophage de ces alevins. Le contenu stomacal est composé de Diatomophycées dominées par *Navicula veneta*, *Navicula cryptocephala*, *Nitzschia dissipata* et *Nitzschia amphibia*, et des Chlorococcales spécialement *Coelastrum reticulatum* var. *reticulatum* et *Coelastrum microporum* var. *microporum*.

Pour les alevins de la **carpe herbivore**, les individus ayant une taille allant jusqu'à 2,2 cm consomment essentiellement du zooplancton (Copépodes) et des larves d'insectes. Le phytoplancton est également présent mais à une importance relative très faible. Pour les tailles 2,4 et 4 cm, les Diatomophycées (*Nitzschia dissipata* et *Fragilaria crotonensis*) et les Chlorococcales (*Coelastrum reticulatum* var. *reticulatum*) ont été les plus consommées des proies. Le zooplancton est présent dans le bol alimentaire de ces alevins mais en faible pourcentage. A 4,1 cm de taille, le régime alimentaire des alevins de la carpe herbivore est devenu exclusivement herbivore suite à la disponibilité des Zygnématales dans le milieu. En revanche, de 4,3 à 6,3 cm de taille, la nourriture était composée essentiellement des Chlorococcales, aliment le plus abondant au niveau de cet étang durant la période de suivi. Nous pouvons constater que, pour survivre dans les conditions de ces milieux, les alevins de carpe herbivore adaptent, à certaines limites, leur régime aux ressources disponibles.

Concernant les alevins de la **carpe commune**, les Copépodes (*Cyclops sp*) et les fragments d'insectes ont été les items proies les plus abondants de la composition alimentaire des individus de taille variant de 2,8 à 4,9 cm. Généralement, la fraction animale a été quantitativement la plus importante du spectre alimentaire de ces alevins.

*Coelastrum reticulatum* var. *reticulatum*, *Coelastrum microporum* var. *microporum*, *Scenedesmus protuberans*, *Scenedesmus crassus*, *Scenedesmus serratus* et *Navicula veneta* ont été les espèces présentes le long de la période d'alevinage 2014 au niveau des étangs étudiés. Nous avons remarqué que des valeurs élevées de la conductivité engendrent une prolifération des Dinophycées (*Peridinium aciculiferum* et *Peridiniopsis elpatiewskyi*) avec des densités assez élevées.

L'expérience de 2014 montre que le régime alimentaire des alevins de trois espèces de carpes est fonction des classes de taille identifiées. De 0,6 à 0,83 cm, les alevins de la **carpe argentée** se nourrissent en particulier de Chlorococcales telles que *Scenedesmus crassus*, *Scenedesmus serratus*, *Coelastrum reticulatum* var. *reticulatum*, *Coelastrum microporum* var. *microporum* et de Diatomophycées (principalement *Nitzschia amphibia* et *Navicula veneta*). De 0,84 à 2,30 cm, ces alevins consomment préférentiellement les larves de Copépodes (*Nauplius*), les larves d'insectes et les Rotifères (*Lecane monostyla* et *Trichocera pusilla*). Les individus de taille 2,40 à 3,40 cm regroupent des alevins dont le régime est composé de Chlorococcales avec codominance de *Scenedesmus crassus* et *Coelastrum reticulatum* var. *reticulatum* et de la Diatomophycée *Nitzschia amphibia*.

Les alevins de la **carpe herbivore** dont la taille est de 0,7 à 0,8 cm ont indiqué une préférence alimentaire pour *Kirchneriella obesa* et *Scenedesmus serratus*. Les alevins de la carpe herbivore dont la taille se situe entre 0,81 et 2,2 cm présentent une préférence alimentaire aux Rotifères (*Finilia terminalis*, *Asplanchna priodonta*, *Epiphanes senta* et *Lecane monostyla*) et aux Copépodes (*Nauplius*). A partir de 2,3 cm, les alevins de la carpe herbivore commencent à se nourrir des algues filamenteuses (*Spirogyra varians* et *Spirogyra majuscula*).

Les résultats ont montré que ces alevins peuvent ingérer en même temps divers organismes vivants : larves d'insectes, la Desmidiacée (*Cosmarium binum*) et la Diatomophycées (*Gomphonema intricatum*).

En ce qui concerne les alevins de la **carpe commune**, à une taille située entre 0,7 et 0,82 cm, les alevins se nourrissent exclusivement de Chlorococcales telles que *Scenedesmus serratus*, *Scenedesmus smithii*, *Scenedesmus protuberans* et *Coelastrum microporum var. microporum* et de Diatomophycées surtout *Nitzschia amphibia* et *Navicula veneta*. Les alevins dont la taille est de 0,83 à 3,5 cm ont eu une préférence alimentaire pour les Copépodes (Nauplius) et les larves d'insectes. Pour les alevins de taille varie de 3,6 à 4,2 cm, les graines de végétaux constituent les proies les plus préférées suivies par ordre d'importance de Copépodes, larves d'insectes, Cladocères et Rotifères.

Les résultats de l'étude du régime alimentaire des alevins des trois espèces étudiées nous a montré clairement que pour les deux premières classes de taille le régime alimentaire inclue presque les mêmes types d'espèces (tableau 41):

Tableau 41: Type d'aliment préféré pour les alevins des trois espèces de carpes en fonction de la classe de taille

Classe	Aliment dominant
<p><b>Classe 1 :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CA de taille varie de 0,6 à 0,83 cm.</li> <li>• CH de taille varie de 0,7 à 0,8 cm.</li> <li>• CC de taille varie de 0,7 à 0,82 cm.</li> </ul>	Chlorococcales.
<p><b>Classe 2 :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CA de taille varie de 0,84 à 2,3 cm.</li> <li>• CH de taille varie de 0,81 à 2,2 cm.</li> <li>• CC de taille varie de 0,83 à 3,5 cm.</li> </ul>	Larves de Copépodes et larves d'insectes.

Durant toute la période d'étude des étangs de productions des carpillons, les variations spatio-temporelles des paramètres physico-chimiques et biologiques de l'eau de ces étangs en trois modes d'élevage montre une certaine variabilité entre les étangs d'alevinage multiple (polyculture (CA+CH+CC) et élevage (CA+CH)) et les étangs d'alevinage unique (monoculture CA).

Au niveau de ces étangs, l'association de la carpe herbivore avec d'autres espèces de carpe apparait comme une solution contre la prolifération de *Ceratophyllum submersum*, de *Chara vulgaris* et des algues filamenteuses planctoniques (*Spirogyra majuscula*), ceci entraine une augmentation de la densité algale avec une succession phytoplantonique classique marquée par la dominance des Chlorococcales.

De cette expérience, nous avons déduit l'effet bénéfique de l'association de plusieurs espèces de carpe dans un étang de production de carpillons et en climat semi-aride sur la structure des communautés phytoplantoniques puisque chaque espèce agissant à un niveau différent du réseau trophique. Ainsi les espèces de carpe présentes exploitent au maximum les

ressources du milieu (le phytoplancton par la carpe argentée, les macrophytes par la carpe herbivore, la nourriture benthique la plus disponible par la carpe commune).

L'étude des performances zootechniques des carpillons des trois espèces de carpe a montré que le taux de croissance varie légèrement en fonction de l'espèce, de la saison et du mode d'élevage. Les résultats ont montré aussi que les meilleures performances zootechniques et de productivités pour la carpe herbivore ont été obtenues en élevage (CA+CH). Ainsi la croissance des carpillons de la carpe argentée donne des résultats plus importants en monoculture CA qu'en polyculture (CA+CH+CC) et qu'en élevage (CA+CC). Cependant, le taux de croissance de la carpe argentée reste nettement inférieur à celui des deux autres espèces, ceci est lié à la faible densité du phytoplancton, nourriture préférée pour la carpe argentée, en raison de la présence en grande quantité de *Chara vulgaris* et *Ceratophyllum submersum* au niveau des étangs étudiés. Nous pouvons constater clairement que, l'élevage de la carpe argentée dans une telle condition nécessite l'utilisation d'une nourriture supplémentaire. Mais généralement nous pouvons dire que la carpe des étangs de pisciculture de la Deroua s'adapte bien à son habitat qui lui offre des conditions physico-chimiques et biologiques (alimentation) nécessaires pour son développement.

L'étude saisonnière du régime alimentaire des **carpillons de la carpe argentée** montre que, quelque soit le mode d'élevage (polyculture (CA+CH+CC), élevage (CA+CH) ou monoculture CA, cette espèce présente une préférence alimentaire aux Chlorococcales principalement *Coelastrum microporum* var. *microporum*, *Pediastrum simplex* var. *strumii* et *Scenedemus protuberans*. Quant à la **carpe herbivore**, le suivi a permis de constater que ce poisson consomme essentiellement *Ceratophyllum submersum* et *Chara vulgaris* (disponibles en grande quantité au niveau des étangs étudiés). Les graines de végétaux et les détritiques constituent pour la **carpe commune** les items alimentaires les plus consommés et les plus fréquents dans les contenus des tubes digestifs analysés.

La succession des populations phytoplanctoniques est donc largement conditionnée par les paramètres physico-chimiques. D'autre part les résultats ont indiqué que le développement de macrophytes et de la Characée et la faible abondance de phytoplancton sont des indicateurs du vieillissement des étangs de grossissement de la station de la Deroua.

Les résultats de l'étude des paramètres physico-chimiques de l'étang de grossissement des géniteurs de carpes prouvent que ces étangs sont un écosystème favorable à la prolifération d'une communauté diversifiée composée de Chlorococcales, de Desmidiacées et de Diatomophycées. Néanmoins, le développement excessif de macrophytes, de Characée et d'algues filamenteuses en absence des géniteurs de la carpe herbivore, affaiblit les densités des espèces développées et limite le développement des autres espèces.

Le suivi bimensuel de la croissance des géniteurs de carpes montre qu'en polyculture, les espèces présentent une complémentarité et chacune agit à un niveau différent du réseau trophique. Ainsi, les résultats ont montré que le gain de poids est plus important pour les géniteurs de la carpe commune qui montre une croissance exceptionnelle dans l'étang. Nous constatons clairement que l'élevage dans un même étang de plusieurs espèces de poissons

présentant des régimes alimentaires différents, semble constituer une technique de gestion intéressante permettant une amélioration de la production piscicole.

L'analyse des contenus des tubes digestifs des mêmes individus, le long de la période d'étude montre que, le régime alimentaire des **géniteurs de la carpe argentée** est composé généralement de Chlorococcales (*Pediastrum simplex* var. *sturmii*, *Scenedesmus protuberans*, *Coelastrum microporum* var. *microporum* et *Coelastrum reticulatum* var. *reticulatum*) et de Diatomophycées (*Nitzschia linearis*). Les espèces de grande taille (*Pediastrum simplex* var. *sturmii*, *Scenedesmus protuberans* et *Nitzschia linearis*) sont les plus consommées. Nous constatons que les géniteurs ainsi que les carpillons de carpes ingèrent des proies de grande taille et par la suite elles les digèrent alors que celles ingérées au stade alevins reste non dégradées. Ainsi, la sélectivité des proies par ces poissons tient compte de la disponibilité des aliments dans le milieu.

L'étude des préférences alimentaires **des géniteurs de la carpe herbivore**, a montré que, *Ceratophyllum submersum*, *Chara vulgaris*, les algues filamenteuses (*Spirogyra majuscula* et *Spirogyra varians*) et le gazon sont par ordre d'importance les aliments les plus consommés et les plus digérés par ces poissons. Ces résultats en plus de ceux trouvés pour les alevins et les carpillons de la carpe herbivore prouvent que la préférence pour les algues filamenteuses représentées par *Spirogyra majuscula* et *Spirogyra varians* diminue avec l'âge.

Les aliments préférés pour les **géniteurs de la carpe commune** sont les graines de végétaux et les larves d'insectes. Lorsque ces derniers sont moins abondants dans l'étang, la nourriture devient surtout sous forme de matière organique partiellement dégradée (*Ceratophyllum submersum* et *Chara vulgaris*) ou en cours de dégradation provenant des excréments de la carpe herbivore.

L'étude du régime alimentaire des alevins, des carpillons et des géniteurs des trois espèces de carpes nous a permis d'illustrer une chaîne trophique qui décrit le transfert d'énergie entre différents niveaux trophiques, qui vont des producteurs aux consommateurs supérieurs (figure 91, 92 et 93) :

Synthèse et conclusion générale

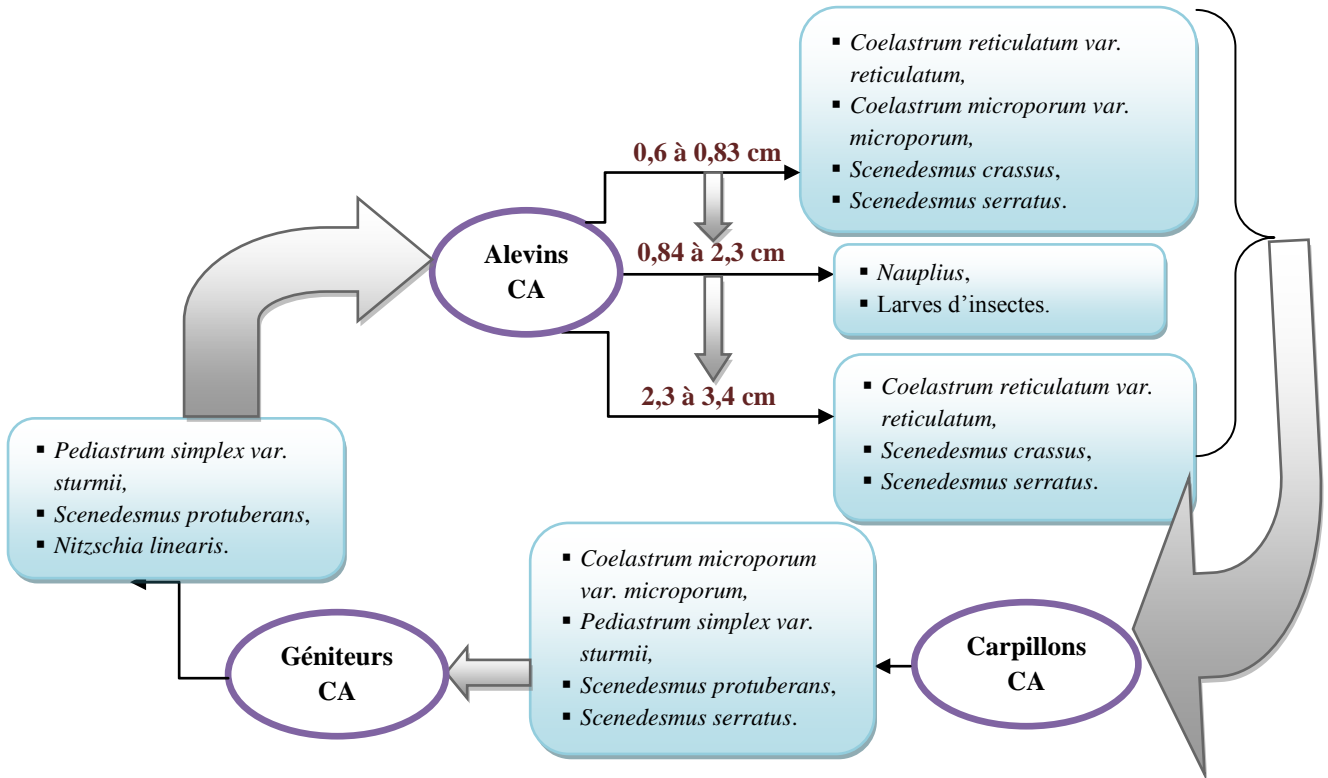


Figure 91: Illustration de la Chaîne trophique présentant les aliments préférés de la carpe argentée des étangs de la Deroua du stade alevins au stade adulte.

→ : Consomme en préférence.

⇨ : Croissance du poisson.

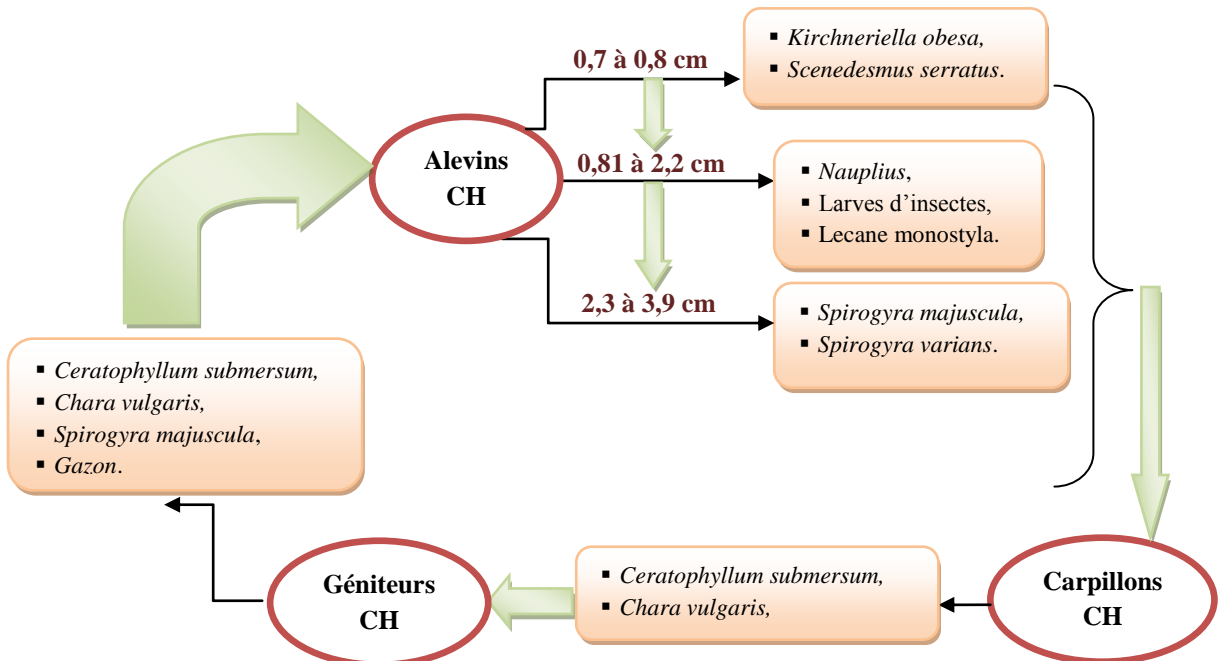


Figure 92: Illustration de la Chaîne trophique présentant les aliments préférés de la carpe herbivore des étangs de la Deroua du stade alevins au stade adulte.

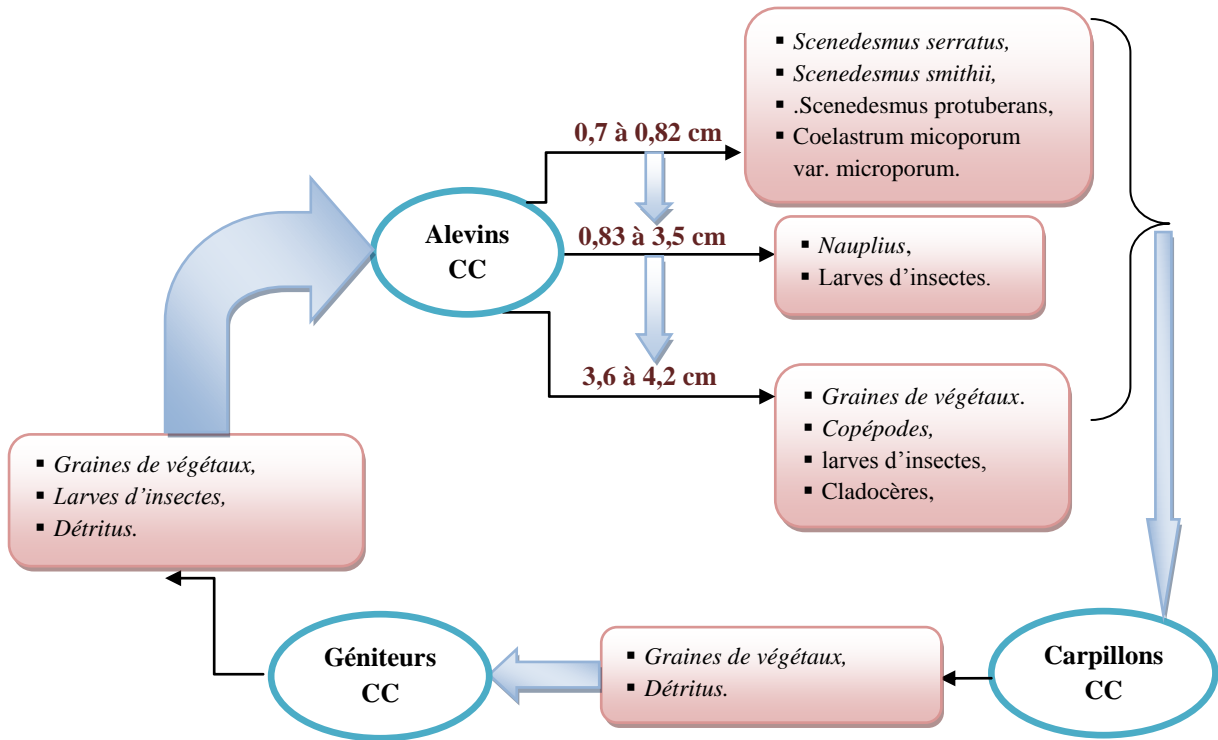


Figure 93 : Illustration de la Chaîne trophique présentant les aliments préférés de la carpe commune des étangs de la Deroua du stade alevins au stade adulte.

Les résultats de cette étude nous a permis de ressortir quelques recommandations qui peuvent être réalisés pour compléter la présente étude :

- Suivi de la croissance et du régime alimentaire des trois espèces de carpillons dans les milieux naturels (barrages et canaux d'irrigation) ;
- Suivi du régime alimentaire des géniteurs de carpes élevés au niveau des barrages et canaux d'irrigation ;
- Association d'autre espèce de poisson à la carpe dans un même étang et voir leur effet sur les performances zootechniques de chaque espèce ;
- Etude du phénomène de vieillissement des étangs de la Deroua et son impact sur les différents compartiments du réseau trophique ;
- Détermination du régime alimentaire des Copépodes et des Cladocères dans le but d'expliquer la dynamique du phytoplancton dans les étangs de pisciculture de la Deroua ;
- Evaluation de la part de fertilisants apportés par les excréments des alevins.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ABBA E., BELGHYTI D., BENABID M., EL IBAOUI H., 2010. Relation taille-poids et coefficient de condition de la truite commune (*salmo trutta macrostigma dumeril*. 1858) de l'Oued Sidi Rachid (Moyen Atlas) Maroc. Afrique SCIENCE 06(2): 60 – 70.

ABDUSAMADOV AS., 1986. Biology of white amur, *Ctenopharyngodon idella*, silver carp, *Hypophthalmichthys molitrix*, and bighead, *Aristichthys nobilis*, acclimatized in the Terek region of the Caspian basin. Journal of Ichthyology 3 : 425-433.

AFNOR, 1983. Recueil de normes françaises des eaux : méthodes d'essais. Paris.

ALABASTER J.S. et LLOYD R., 1980. Water quality criteria for freshwaterfish. London Butterworths, 297p.

ALIEV D.S., 1976. The role of phytofagous fish in the reconstruction of commercial ichthyofauna and biological melioration of water reservoirs. Vopr. Ikhtiol., 16(2): 247-262 (transl. From Russian in J. Ichthyol., 16(2): 216-229. In : ANTALFI A. AND TOLG I., 1972. Novényevo Halak (Herbivorous fishà. Budapest, Hungary, Mezogazdasago Kiado (Agricultural Publishing House), 202 p. (in Hungarian).

ALMAZAN G., 1977. Evaluation of the Secchi Disk as an index of Plancton Density in Fish Ponds. Ph. D. diss., Auburn Univ., Auburn, Ala. 57p.

AMARA, R-LAFFARGUE, P-DEWARUMEZ, JM-MARYNIAK, C-LAGARDÈRE, FLUCZAC C., 2001. Feeding ecology and growth of 0-group flatfish (sole, dab and plaice) on a nursery ground (Southern bight of the North Sea). J Fish Biol. 58: 788-803.

AMINOT A., 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Caractéristiques physicochimiques. Centre National de l'exploitation des océans. pp. 39-75.

AMOROS C., 1984. Crustacés Cladocères, Extrait du Bulletin mensuel de la société Linnéenne de Lyon 53 année, n° 3 et 4.

AMMERMAN, J.W., HOOD, R.R., CASE, D. A. & COTNER, J.B, 2003. Phosphorus deficiency in the Atlantic: an emerging paradigm in oceanography. EOS Trans. Am. Geophys. Union, 84 (18): pp 165 et 170.

ANAGNOSTIDIS K., KOMAREK J., 1989. Modern approach to the classification system of cyanophytes.3- Oscillatoriales. Archiv für Hydrobiologie. Suppl., 327-472.

ANNEVILLE O., MOLINERO J.C., SOUISSI S., BALVAY G. & GERDEAUX D., 2007. Long-term changes in the copepod community of Lake Geneva. J. Plankton Res., 29, 49-59.

ARRIGNON J., 1976. Aménagement écologique et piscicole des eaux douces. Gauthier-Villars, Paris, 340p.

ATANLE K., BAWA ML., KOKOU K., DJANEYE-BOUNDJOU G., EDORH TM., 2013. Distribution saisonnière du phytoplancton en fonction des caractéristiques physico-chimiques du lac de Zowla (Lac Boko) dans le Sud- Est du Togo : cas de la petite saison sèche et de la grande saison sèche. J. Appl. Biosci.64: 4847 – 4857.

AZAM, F., AND J. W. AMMERMAN. 1983. The ecological role of water-column microbes in the sea. Mar.Ecol.Prog.Ser. 10: 257-263.

AZEROUAL A., CRIVELLI A.J., YAHYAOU A. and DAKKI M., 2000. L'ichtyofaune des eaux continentales du Maroc. Cybium, 24 (3) : 17-22.

BACHASSON B., 1997. Mise en valeur des étangs. 2nded. Paris : Editions Tec et Doc Lavoisier, 176p.



## Références bibliographiques

- BALLON E.K., 1969. Studies on the wild carp *Cyprinus Carpio* L. 1758. - Prace. Labo. Rybarra, 2, 99-120.
- BALVAY G., 1980. Fonctionnement et contrôle du réseau trophique en étang. In Billard, « La pisciculture en étang ». INRA, Paris, 47-79.
- BALVAY G., 1995. Ressources et comportements alimentaires des poissons. In: POURRIOT R., MEYBECK M. (Eds), Limnologie générale, Masson, Paris, 588-607.
- BAMBA Y., OUATTARA A., DACOSTA K., GOURÈNE G., 2008. Production de *Oreochromis niloticus* avec des aliments à base de sous-produits agricoles, Article original Sciences & Nature Vol. 5 N°1 : 89 – 99.
- BANAS D., 2001– Flux de matière en étangs piscicoles extensifs : Rétention, Sédimentation, Exportation. Thèse de l'université de Metz, 237p.
- BANSE, K., 1995. Zooplankton. Pivotal role in the control of ocean production. ICES journal of marine science 52 (3-4), 265-277.
- BARBE J., LAVERGNE E., ROFES G., LASCOMBE M., RIVAS J., BORNARD C., De BENEDETIS J., 1990. Diagnose rapide des plans d'eau. Informations techniques du Cemagref, n°79, note 2, p. 1-8.
- BARBE J., CAMUS J. C. & SCHLUMBERGER O., 1991. Facteurs de production piscicole en étang et gestion. Echo-système, 20, 3-25.
- BARBE J., SCHLUMBERGER O. et BOURETZ N., 1999. Utilisation du phytoplancton pour estimer la production potentielle des étangs. Bull. Fr. Pêche Piscic., 355, 387-402.
- BARBE J., SCHLUMBERGER O. et BOURETZ N., 2000. Evaluation de la production piscicole potentielle des étangs. Ingénieries – EAT - n° 22. P 49- 62.
- BARBIER B., 2001a. Carpe argentée. L'atlas des poissons d'eau douce de France. P. Keith et J. Allardi (coordinateurs). Patrimoine Naturels, 47, Paris, SPN / IEGB / MNHN. pp. 178-179.
- BARDACH J.E., RYTHER J.H. et MCLARNEY W.O., 1972. Aquaculture : the farming and husbandry of freshwater and marine organisms. John Wiley and sons, New-York.
- BARNABE G., 1991. Bases biologiques de l'aquaculture des poissons. In : BARNABE G. (Ed.), *Bases biologiques et écologiques de l'aquaculture*, Tec & Doc Lavoisier, Paris, 273-448.
- BARROIN G., 1990. La pollution des eaux par les phosphates. La recherche, 221, 620-627.
- BARROIN G., 1991. La réhabilitation des plans d'eau. La Recherche, 22, 1412-1422.
- BARROIN G., 1992. Mécanismes biologiques de l'eutrophisation des eaux des lacs. In : IMPHOS (Ed.), *Phosphorus, life and Environment, from research to application*. Proceedings Conf., 361-371.
- BARROIN, G., 1999. Limnologie appliquée au traitement des lacs et des plans d'eau. Les études des Agences de l'Eau. Etude n°62 : 215 pp.
- BARROIN, G., 2003. Phosphore, azote et prolifération des végétaux aquatiques. Courrier de l'environnement de l'INRA, 48 :13-25.
- BARROIN, G., 2004. Phosphore, azote, carbone ... du facteur limitant au facteur de maîtrise. Courrier de l'environnement de l'INRA, 52 : 23-30.
- BARKO J.W. et SMART R.M., 1980. Mobilization of sediment phosphorus by freshwater macrophytes. Freshwater Biol., 10, 229-238.
- BEACKMAN W., 1948. The length-weight relationship factors for conversion between standard and total lengths and coefficients of condition for seven Michigan fishes. In: P. Sparatu and M. Gophen. Feeding behavior of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix* Val.) and its impact on the food web in Lake Kinneret, Israel. *Hydrobiologia* 120: 53-61.
- BEAUGRAND G., BRANDER K.M., LINDLEY J.A., SOUISSI, S. & P.C REID, 2003. Plankton effect on cod recruitment in the North Sea. *Nature* 426: 1939-1956.
- BEAUPIED H., 1980. Le cycle de l'azote dans les étangs. In: La pisciculture en étang. Billard R. (Ed), INRA, 81-97.

- BELAIFA B., BOUAMRA A., ATTOU F., ARAB Y. I. et ARAB A., 2013. Comparaison du régime alimentaire du sandre *Sander lucioperca* (L., 1758) dans deux systèmes lacustres algériens. USTHB-FBS-4th International Congress of the Populations & Animal Communities "Dynamics & Biodiversity of the terrestrial & aquatic Ecosystems "CIPCA4"TAGHIT (Bechar) – ALGERIA, 19-21 November, 2013
- BELAUD A., 1996. Oxygénation de l'eau en aquaculture intensive. Cépadués-Ed, collection POLYTECH, 207p.
- BENABDELLOUAHAD S., 2006. Structure, dynamique et typologies physico-chimiques et phytoplanctoniques de l'estuaire du Bou Regreg (Côte atlantique marocaine). Thèse de Doctorat, Université Mohammed V-Agdal de Rabat (Maroc), 252 p.
- BENABID M., 1990. Bioécologie de deux espèces du barbeau (*Barbus barbus callensis* (Val.) et *Barbus Labeobarbus frifschii* (Val.) d'un cours d'eau du Haut-Atlas du Maroc. Thèse de 3<sup>e</sup> cycle, Fac. Sci. Marrakech, 170 p.
- BENDJOUDI H., 2003. Fonctionnement hydrologique des zones humides. Zones humides infos, SNPN, 41, 4-7.
- BEN REJEB JENHANI, A., 1989. Le lac Ichkeul : Conditions du milieu, peuplements et biomasses phytoplanctoniques. Thèse, Université de Tunis. 209 p.
- BERDALET E., MARRASE C., ESTRADA M., ARIN L., MACLEAN M.L., 1996- Microbial community responses to nitrogen-and phosphorus deficient nutrient inputs : microplankton dynamics and biochemical characterization. *J Plankton Res* 18:1627-1641p.
- BERDAY N., EL HAMOURI B., ZAMANE Y., ZAOUI D., 2004. Élevage de la carpe argentée (*Hypophthalmichthys molitrix* Val.) et de la carpe herbivore (*Ctenopharyngodon idella* Val.) dans des eaux usées domestiques épurées. *Actes Inst. Agron. Vet. (Maroc)*, Vol. 24 (3&4): 99-106.
- BERDAY N., 2007. Utilisation de la carpiculture pour l'amélioration de la qualité de l'effluent final d'une station d'épuration des eaux usées par lagunage à haut rendement. Thèse Doctorat Etat. Université Chouaib Doukkali, El jadida, 208 p.
- BERG J., 1979. Discussion of methods of investigating the food of fishes, with reference to preliminary study of the food of *Gobiusculus flauescens* (Gobiidae). *Mar. Biol.*, 50: 263-273.
- BERNABE G., 1991. Bases biologiques de l'aquaculture des poissons. In: BARNABE G. (Ed), *Bases biologiques et écologiques de l'aquaculture*, Tec & Doc Lavoisier, Paris, 273-448.
- BERTRU G., 1980. Les échanges sédiments-eau dans les étangs. In R. Billard, *La pisciculture en Etang*, INRA, publ. Paris, 37-46.
- BILLARD R., 1980. L'étang et l'agriculture des eaux. *La pisciculture en étang*, Eds INRA, PARIS, 15-28.
- BILLARD R., 1995a. L'alevinage en étangs extérieurs. In : BILLARD R. (Ed.), *Les carpes, biologie et élevage*, 150-163.
- BILLARD R., 1995b. La qualité des eaux et son contrôle. In : R. BILLARD (éd.), *Les carpes, biologie et élevage*. INRA Publ., Paris, 56-74.
- BILLARD R., 1995c. Les techniques traditionnelles d'élevage en étangs en Europe. In : BILLARD R. (Ed.), *Les carpes, biologie et élevage*, 183-194.
- BILLARD R., 1997. Les poissons d'eau douce des rivières de France. Identification, inventaire et répartition des 83 espèces. Delachaux et Niestlé, Paris, 192 p.
- BILLARD R. & MARIE D., 1980. La qualité des eaux de l'étang de pisciculture et son contrôle. 107-127, In : R. Billard (éd.), *La pisciculture en étang*. INRA Publ., Paris, 107-127.
- BLAXTER J.H.S., 1988. Pattern and variety in development. In: Hoar, W.S. & Randall, D.J. (eds), *Fish Physiology*, Vol. XIA. Academic Press, New York 1-57.
- BOERS P., 1986. Studying the phosphorus release from the loosdrecht lakes sediments using a continuous flow systems. *Hydrobiol. Bull.*, 20, 51-60.

## Références bibliographiques

- BOSTOCK J., MCANDREW B., RICHARDS R., JAUNCEY K., TELFER T., LORENZEN K., LITTLE D., ROSS L., HANDISYDE N., GATWARD I., CORNER R., 2010. Aquaculture: global status and trends. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 365, 2897 -2912.
- BOUHBOUH S., 2002. Etude bioécologique de deux espèces de barbeau, (*Barbus callensis* (Val.) et *Barbus labeobarbus frifshii* (Val.)) dans la retenue de barrage Allal El Fassi, Thèse de doctorat, Fac. Sci. Fès, Maroc, 126p.
- BOUIN N., 2002 -Reconnaissance et valorisation des étangs de production piscicole en région Pays de la Loire - rapport de DESS, université de Metz, 63 p.
- BOUGIS P., 1974. Ecologie du plankton marin. Masson & Cie (ed.) Paris. Coll. Ecologie 2 : 196 p. 3 : 200 pp.
- BOURRELLY P., 1970. Les algues d'eau douce. Initiation à la systématique. Tome 3 : Les algues bleues et rouges.
- BOURRELLY P., 1972. Les algues d'eau douce. Initiation à la systématique. Tome 1 : Les algues vertes.
- BOURRELLY P., 1981. Les algues d'eaux douces. Initiation à la systématique. Tome 2 : Les algues jaunes et Brunes.
- BOUTET-BERRY L., 2000. La problématique plan d'eau. CSP Délégation Régionale Centre, Pays de Loire, Poitou-Charentes, 36p.
- BOYD C.E., 1971. Phosphorus dynamic in pond. Proc. Of 25<sup>o</sup> Annual Conf. Of South. Ass. Of Game and Fish. Comm., 418-426.
- BOYD CE, 1979. Water quality in Warm Water Fish Ponds. In "Animal Production and aquacultural Engineering". CIGR, The international Commission of Agricultural Engineering (Ed.), Vol. 2: 219-229 et 369.
- BOYD C. E., 1982. Water quality in warmwater fish ponds. Alabama Agricultural Experiment Station, *Auburn University*, 359 p.
- BOYD C.E., 1985a. Chemical budgets for channel catfish ponds. *Trans. of the Ame. Fish. Soc.*, 114, 291-298.
- BOYD C.E., 1985b. Pond evaporation. *Trans. Amer. Fish Soc.* 114, 299-303.
- BOYD C.E., 1986. Influence of evaporation excess on water requirements for fish farming -*In : Proceedings of the conference on climate and water management – American Meteorological Society, Boston, 62-64.*
- BOYD C.E. et GROSS A., 1998. Water use and conservation for inland aquaculture ponds - EIFAC techn. Pap. E10, 12 p.
- BRABAND A., FAAFENG B.A. et NILSSEN J.P., 1985. Fish and nutrient dynamics in a deep mesotrophic lake. *Verh. Int. Verein. Limnol.*, 22, 2547-2553.
- BRATBACK G., EGGE J.K., & HELDAL M., 1993. Viral mortality of marine alga *Emiliania Huxleyi* (Haptophyceae) and termination of algal blooms. *Marine Ecology Progress Series* 93: 39-48.
- BREMOND R. et VUICHARD R., 1973. Paramètres de la qualité des eaux. *Min. Prot. Nature et de l'Environ.*, 178p.
- BRETON B., 2001. Créer et gérer son étang de pêche. Les cahiers de l'élevage (Ed) Rustica, 127p.
- BROCK, T.D., 1987. The study of microorganisms in situ: progress and progress and problems. *Society and General Microbiology, special symposium* 41: 1-17.
- BRUSLE J, QUIGNARD J-P (2001) Biologie des poissons d'eau douce européens. Editions Tec & Doc, Paris. 625 p.
- CADIEU G. et JOUAN Y., 2002. Impact des étangs piscicoles pisciculture extensive. *FLAC/FAC – 8p.*

## Références bibliographiques

- CARBIENER R., 1990. Rapport au secrétaire d'Etat auprès du Premier Ministre chargé de l'Environnement sur les compositions lessiviellles avec ou sans phosphates et la protection des milieux aquatiques. 181 pp.
- CARBIENER R., TREMOLIERES M., MERCIER J.L. et ORTSCHHEIT A, 1990. Aquatic macrophyte communities as bioindicators of eutrophication in calcareous oligosaprobe stream waters. *Vegetatio*, 86, 1-72.
- CARLSSON P. & GRANALI E., 1999- Effects of N: P:Si ratios and zooplankton grazing on phytoplankton communities in the northern AdriaticSea. II. Phytoplankton species composition. *Aquat Microb Ecol* 18:55-65p.
- CECPI, 1998. European inland fisheries advisory commision.Symposium on water for sustainable inland fisheries and aquaculture. Prain do Carvociro, Portugal, June 98.
- CHAHUNEAU F., Des Clers S., 1980. Perspectives de modélisation du réseau trophique en étang. Applications potentielles à l'optimisation et au contrôle de la production piscicole. Dans *La Pisciculture en Etangs*, R. Billard Ed., INRA Pubi., Paris, 129-138.
- CHARLON N., BERGOT P., 1984. Rearing system for feeding fish larvae on dry diets. Trial with carp (*Cyprinus carpio* L.) larvae. *Aquaculture*, 41 (1): 1-9.
- CHERIFI O., LOUDIKI M., 2002. Variations de la structure trophique du lac-réservoir oligotrophe Bin El Ouidane (Maroc). *Rev. Sci. Eau* 15/1, 193-208.
- CHERGHOU S., KHODARI M., YAAKOUBI F., BENABID M., BADRI A., 2002. Contribution to study a barbel (*Barbus barbus callensis* Valenciennes, 1842) diet in Morrocaïn Medium-Atlas stream: oued Boufekrane. *Revue des Sci. de l'Eau* 15: 153-163.
- CODHANT H., DUTARTRE A., 1992. Utilisation de la carpe chinoise comme moyen de contrôle biologique des macrophytes aquatiques, revue bibliographique. Anpp - Quinzième conférence columbia journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes, pp. 1099-1107.
- COMBROUZE P., 2004. Plans d'eau du limousin : eutrophisation 2003. *AQUA-GESTION-LIMOUSIN AQUACULTURE*, 4p.
- COMEAU Y., RABIONWITZ B., HALL K.J., OLDHAM W.K., 1987. Phosphorus release and uptake in enhanced biological phosphorus removal from wastewater. *J. Water Pollut. Contr. Feder.*, 59, 707-715.
- CORPEN, 1988. Bilan de l'azote à l'exploitation, 35 p.
- CREMER M.C., and SMITHERMAN R.O. 1980. Food habits and growth of silver carp and bighead carp in cages and ponds, *Aquaculture* 20: 57-64.
- CROSS, D.G. (1969). Aquatic weed control using grass carp. *J. Fish Biol.*, 1: 27-30.
- CUDA JP, CHARUDATTAN R, GRODOWITZ MJ, NEWMAN RM, SHEARER JF, TAMAYO ML, VILLEGAS B., 2008. Recent advances in biological control of submersed aquatic weeds. *Journal of Aquatic Plant Management* 46 : 15-32.
- CUDMORE B, MANDRAK NE., 2004. Biological synopsis of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). Canadian Manuscript Report of Fisheries and Aquatic Sciences 2705: v + 44p.
- DABBADIE L., 1994. La carpe Amour, *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes, 1844). Quelques données bibliographiques sur sa biologie, sa culture et son introduction en dehors de sa zone d'origine. 15 p.
- DAH-SHUH L., 1957. The method of cultivation of grass carp, black carp, silver carp and bighead carp. China, Aquatic Biology Research Institute, Academia Sinica : 90 p. (Translated from Chinese by Language Services Branch, U.S. department of Commerce, Washington, D.C.
- DALY YAHIA-KEFI O., 1998- Le phytoplankton de la baie de Tunis (Analyse, systématique, quantitative et synécologie des diatomées et des dinoflagellés. *Doc. Univ. Tunis II*, 332p.

## Références bibliographiques

- DE CRESPIN DE BILLY V., 2001. Régime Alimentaire de la Truite (*SALMO TRUTTA L.*) en eaux courantes: Rôles de l'Habitat physique et des Traits des Macroinvertébrés. Thèse de Doctorat. Université Claude Bernard-Lyon1.
- DE PIRRO M., MARCHETTI G.M. et FORAGING G., 1999. Interactions among three benthic fish in a *Posidonia oceanica* reef lagoon along the Tyrrhenian coast. *Journal of Fish Biology* 54, 1300-1309.
- DESPREAUX M., 1990. Le phosphore et l'azote dans les sédiments du fleuve Charente, variabilité potentielle. Thèse, Université de Lyon I, 199p.
- DEY M.M., PARAGUAS F.J., BHATTA R., ALAM F., WEIMIN M., PIUMSOMBUN S., KOESHANDRAJANA S., LE THI CHAU DUNG AND SANG N.V., 2003. Carp production in Asia: Past trends and present status. *World Fish Centre*, 6-15.
- DIBBLE ED, KOVALENKO K., 2009. Ecological impact of grass carp: A review of the available data. *Journal of Aquatic Plant Management* 47: 1-15.
- DIRECTION DES EAUX ET FORETS, 2000. Rapports Pêche et Pisciculture dans les eaux continentales 1986, 1993 & 2000.
- DOKULIL M., 1979. Seasonal pattern of phytoplankton. *In: LÖFFLER H. (Ed.), The limnology of a shallow lake in central Europe*, 203-230.
- DOMAIZON I, DEVAUX J., 1999. Nouvelle approche des biomanipulations des réseaux trophiques aquatiques. Introduction d'un poisson phytoplanctonophage, la carpe argentée (*Hypophthalmichthys molitrix*). *Année Biologique* 38 : 91-106.
- DROUSSI M., 1998. Développement et amélioration des techniques de production des semences des carpes chinoises au Maroc. Mémoire, Ingénieur en chef, Rabat. 125 p.
- DUSSART B., 1966. Limnologie. L'étude des eaux continentales. *Gauthier-Villars, Paris* : 667 p.
- DUSSART B., 1969. Les copépodes des eaux continentales d'Europe occidentale, T 2.
- DUSSART B., 1992. Limnologie. L'étude des eaux continentales. 2ème édition. Collection « faunes et flores actuelles ». 680 p.
- DUSSART B., 1996. Avant-propos : 10-13. *In : Eau et Environnement. Guide pratique à l'usage des exploitants des centrales thermiques classiques et nucléaires. EDF-DEPT.*
- ECOLOGISTES de L'EUZIERE, 1986. Fiche technique d'étude du milieu : l'étang de Thau, 214p.
- EL ALAMI I., 2010. Effets de la densité d'alevinage sur le taux de survie des alevins de la carpe argentée dans les étangs de pisciculture de la station de Deroua, Béni Mellal. Mémoire de troisième cycle. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, 104 p.
- EL HAOUATI H., GUECHAOUI M., CHAABAT DIS C., CHELIF H. et ARAB A., 2013. Distribution spatio-temporelle de la flore planctonique en fonction du degré de pollution dans le barrage de Boukourdane (Tipaza-Algérie). Article, 8p. USTHB-FBS-4th International Congress of the Populations & Animal Communities "Dynamics & Biodiversity of the terrestrial & aquatic Ecosystems "CIPCA4" TAGHIT (Bechar) – ALGERI.
- EL MOATA J., 2005. Contribution à l'étude du fonctionnement biogéochimique des écosystèmes aquatiques : étangs de pisciculture de la Deroua - Béni Mellal - Maroc. Thèse Doctorat. Faculté des sciences et techniques, Béni Mellal, 116p.
- EMBERGER L., 1933. Nouvelle contribution à l'étude de la classification des groupements végétaux. *Rev. Gen. Bot.* 1933, 45, 473-486.EMBERGER L., 1930. Sur une formule climatique applicable en géographie botanique. *Comptes rendues Académie Sciences, Paris.* 191. 389-390.
- FANGET R. 1972 – Contribution à l'étude des étangs piscicoles de la Dombes: sur le regime alimentaire de la carpe à miroirs (*Cyprinus Carpio L.*). - Thèse doct 3° cycle Lyon.
- FAO, 1980. Pond fish culture in China. Pearl River Fisheries Research Institute, China National Bureau of aquatic Products, Ghangzhou, China, 135p.

## Références bibliographiques

- F.A.O., 2000-2005a. FAO Catalogues : Species of the Word. Fisheries Global Information Systems (FIGIS).
- F.A.O., 2000-2005b. Species fact sheet. A word overview of species of interest to fisheries. *Hypophthalmichthys molitrix*. Species identification and data programme. Fisheries Global Information Systems (FIGIS), 1-2.
- F.A.O., 2003. État de l'aquaculture dans le monde. Circulaire sur les pêches n° 886, Rév. 2. 68p.
- F.A.O., 2009-2010. La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture, Département des pêches et de l'aquaculture de la FAO, Rome, 2009. <http://www.fao.org/docrep/011/i0250f00.htm>
- F.A.O., 2009-2011a Cultured Aquatic Species Information Programme *Ctenopharyngodon idellus*. Cultured Aquatic Species Fact Sheets. Texte par Weimin, M. In: Département des pêches et de l'aquaculture de la FAO [en ligne]. Rome. Mis à jour le 1 Janvier 2004. [Consulté le 11 Avril 2011].  
[http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Ctenopharyngodon\\_idella/f](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Ctenopharyngodon_idella/f)
- F.A.O., 2009-2011b. Cultured Aquatic Species Information Programme *Hypophthalmichthys molitrix*. Cultured Aquatic Species Fact Sheets. Texte par Yang, N. In: Département des pêches et de l'aquaculture de la FAO [en ligne]. Rome. Mis à jour le 26 Juillet 2005. [Consulté le 11 Avril 2011].  
[http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Hypophthalmichthys\\_molitrix/fr](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Hypophthalmichthys_molitrix/fr)
- F.A.O., 2012. La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture, Département des pêches et de l'aquaculture de la FAO, Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, 261 p.
- FERNANDEZ DE PUELLES M.L., VALENCIA J. & VICENTE L., 2004. Zooplankton variability and climatic anomalies from 1994 to 2001 in the Balearic Sea (Western Mediterranean). *ICES Journal of Marine Science* 61: 492-500.
- FIGIS, 2000-2006. Cultured Aquatic Species Fact Sheets search. Fisheries Global Information System. <http://www.fao.org/figis/servlet/static?dom>
- FISHBASE SPECIES SUMMARY, 2005a. Species Summary for *Hypophthalmichthys molitrix* val, 4p. <http://www.fishbase.org/summary/speciessummary.cfm?id=274>
- FISHBASE SPECIES SUMMARY, 2005b. Species Summary for *Cyprinus carpio*, 1p. <http://www.fishbase.org/summary/speciessummary.php?id=1450>
- FISHBASE SPECIES SUMMARY, 2005c. Grass carp Fact Sheet, 32p. <http://www.fishbase.org/summary/speciessummary.php?id=1450>
- FONTAINE M., 1989. Préface. In : Aquaculture, G. Barnabé (éd.), Vol. 2, *Tec. & Doc., Lavoisier, Paris : IX-XII*.
- FRANCISCO P., ESCORIHUELA D., TOURENQ J.N. et PARENT J., 1999. Ammoniac et poissons lors de la vidange d'une retenue. *Hydroécol. Appl.*, 11, 153-162.
- FROMENTIN, J.M. & PLANQUE, B., 1996. Calanus and environment in the eastern North Atlantic. II. Influence of the North Atlantic Oscillation on *C. finmarchicus* and *C. helgolandicus*. *Marine Ecology Progress Series* 134: 111-118.
- GALVESTON BAY FOUNDATION, 2002. Grass carp in Galveston bay. What you need to know about this exotic and invasive species. 4 p.
- GAUME E., 2000. Hydrologie : cycle de l'eau et modélisation pluie-débit. ENPC, cours hydrobiologie, 43p.
- GAYRAL P., 1975. Les Algues : Morphologie, Cytologie, reproduction, écologie. Doin Editeur, Paris, 166 pp.
- GERMAIN H., 1981. Flore des Diatomées. Eaux douces et saumâtres. Eds. Boubée et Cie, Paris, 443 p.

## Références bibliographiques

- GINOT V., 1990. Modélisation de l'évolution nyctémérale de l'oxygène dissous en étang. Thèse Doctorat, Univ. Cl. Bernard, Lyon I, 235 p.
- GEORGE T.T., 1982. The chinese grass carp, *Ctenopharyngodon idella*, its biology, introduction, control of aquatic macrophytes and breeding in the Sudan. *Aquaculture* 27 (3): 317-327.
- GOLTERMAN, H.L., 1984. Sediments, modifying and equilibrating factors in the chemistry of freshwaters. *Verh. Int. Ver. Limnol.*, Vol 22, 23-59.
- GOLTERMAN H.L., 1995. The labyrinth of nutrient cycles and buffers in wetlands: results based on research in the camargue. *Hydrobiologia* 315, 39-58.
- GONAY E. et LAFFORGUE M., 1997. Une solution pour lutter contre l'eutrophisation des lacs et les retenues : l'aération par destratification. *TSM.Tech. sci. méthodes génie urbain génie rural*, 9, 33-45.
- GORBACH E.I., 1961. Age composition, growth and age of onset of sexual maturity of the white *Ctenopharyngodon idella* (Val.) and the black *Mylopharyngodon piceus* (Rich) amurs in the Amur River Basin. *Vopr. Ikhtiol.*, 1(18) : 119-126. Translated from Russian by R.M. Howland, 1971.
- GORBACH EI., 1972. Fecundity of the grass carp [*Ctenopharyngodon idella* (Val.)] in the Amur basin. *Journal of Ichthyology* 12: 616-625.
- GOURGES NASSANS A.D, 2003. Une pisciculture particulière : la production de vifs en étang. Thèse de doctorat. Université Paul-Sabatier de Toulouse. 185 p.
- GRYGIEREK E. et WASILEWKA B.E. ,1979. Possibilités de régulation des biocénoses des étangs à élevage de poissons. *Bull. Cent. Etud. Rech. Sci. Biarritz*, 12, 441-452.
- HARRIS R.P., WIEBE, P.H., LENZ, J., SKJODAL, H.R. & HUNTLEY, M., 2000. Zooplankton methodology manual. London: Academic Press, San Diego.
- GROGA N., 2012. Structure, fonctionnement et dynamique du phytoplancton dans le lac de Taabo (Côte d'Ivoire).Thèse Doctorat. Université de Toulouse, 224 p.
- GROSS A., BOYD C.E. et WOOD C.W., 1999. Ammonia volatilization from freshwater fish ponds. *J. Environ. Qual.*, 28, 793-797.
- HADDAD J., 1996. Contribution study of the natural feeding base in the Alsen ponds unit for breeding, and the way to increase their biological productivity. *Th. Doct., Univ. Tishreen, Syrie*, 162p.
- HARPER D, 1992. Eutrophication of freshwater. Principles, problems and restoration. Chapman et Hall, London, New York, Tokyo, Melbourne, Madras, 327p.
- HAMZA, A., 2003. Le statut du phytoplancton dans le golfe de Gabès. Thèse de Doctorat, Université de Sfax, 298 pp.
- HASNAOUI M., 2001. Paramètres de qualité de l'eau et dynamique des peuplements phytoplanctoniques dans des étangs de pisciculture de la station Deroua (Béni-Mellal, Maroc).Thèse Doctorat Etat. Université Cadi Ayyad, Marrakech, 236 p.
- HASNAOUI M., KASSILA J., LOUDIKI M., DROUSSI M., BALVAY G. Et BARROIN G., 2001. Relargage du phosphore à l'interface eau-sédiment dans des étangs de pisciculture de la station Deroua (Béni Mellal, Maroc). *Rev. Sci. Eau*: 14, 3, 307-322.
- HASNAOUI M., SOUISSI S., KASSILA J., DROUSSI M., LOUDIKI M., BALVAY G., 2002a. Relation Cyanobactéries – *Hypophthalmichthys molitrix* dans un étang de polyculture en climat semi-aride. *Revue des Sciences de l'Eau*, 15/1, 137-152.
- HASNAOUI M., KASSILA J., DROUSSI M., LOUDIKI M., BALVAY G., 2002b. Variabilité des descripteurs physiques, chimiques et phytoplanctonique dans les étangs d'alevinage (station de la Deroua, Béni-Mellal, Maroc). *Revue des Sciences de l'Eau*, 15/1, 357-369.
- HASNAOUI M., SOUISSI S., BALVAY G., 2007. Distribution spatio-temporelle du phytoplancton dans un étang d'alevinage (station de la Deroua, Béni-Mellal, Maroc). *Revue Sud Sciences et Technologies*, N° 15 - juin 2007.

## Références bibliographiques

- HAVENS K.E., 1991. Fish induced sediment resuspension : effect on the phytoplankton biomass and community structure in shallow hypereutrophic lake. *J. Plankton Res.*, 13, 1163-1176.
- HEMING, T. A., BUDDINGTON, R. K., 1988. Yolk Absorption in Embryonic and Larval Fishes. In: *Fish Physiology*, Randall, D.J. and W.S. Hoar (Eds.). Academic Press, New York.
- HENSEN V., 1887. Über die Bestimmung des Planktons oder des im Meere treibenden Materiales an Pflanzen und Tieren. *Ber Komm Wiss Untersuch Deutsch Meere* 5: 1-109.
- HEPHER B., 1988. Nutrition of pond fishes. Cambridge University Press, Cambridge: 388 p.
- HICKLING C.F., 1962. Fish culture. Faber and Faber, London: 295 p.
- HUET M., 1970. *Traité de pisciculture*. De Wyngaert (4eéd.), Bruxelles, 718p.
- HYNES H. B. N., 1950. The food of fresh water stickle backs (*Gaste rosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitius*) with a review of methods used in studies of the food of fishes. *Journal of Animal Ecology*. 19: 36-58.
- HYSLOP E.J., 1980. Stomach content analyses: review of methods and their application. *J. Fish Biol.*, 17: 411-429.
- INRA, 1981. La pisciculture en étang. Actes de congrès sur la pisciculture en étang, Arbonne la Forêt, France, 11, 12, 13 mars 1980. Edit R. BILLARD, 434p.
- KAISER J.M. & HUGHES N.F., 1993. Factors affecting the behavioral mechanisms of diet selection in fishes. In *Behavioral Ecology of Fishes* (F.A. Huntingfordt & P.Torrecilli, eds). Erice, Sicily (Italy): Marine Behavior and Physiology.
- KASSILA J., 2000. Etude physic-chimique des eaux et des sediments des étangs de pisciculture de la Deroua (Béni-Mellal, Maroc). Thèse Doctorat. Univ. Med V, Rabat, 158p.
- KASSILLA J., HASNAOUI M & YAHYAOUUI A., 2000. Sequential extractions of inorganic and org-phosphate from fish pond sediments (Deroua station, Béni-Mellal, Morocco) by different fractionation methods, *Hydrobiologia*, 431: 51-58.
- KILAMBI RV., 1980. Food consumption, growth and survival of grass carp *Ctenopharyngodon idella* Val at four salinities. *Journal of Fish Biology* 17:613-618.
- KILGEN R.G. & SMITHERMAN R.O., 1973. Appendix F. Food habits of the white amur (*Ctenopharyngodon idella*) stocked in ponds alone and in combination with others species. In : E.O. Gangstad (Ed.). *Herbivorous fish for aquaticplant control*. Aquatic Plant Control Program. Tech. Rep. U.S. Army Eng. Waterways Exp. Stn., Vicksburg, Miss., (4) : F1-F13.
- KIRPICNIKOV V.S., 1981. Genetic bases of fish selection. Springer Verlag, Berlin 410p.
- 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.
- KOMAREK J. et FOTT B., 1983. Chlorophyceae: Chlorococcales. *Das Phytoplankton des Süßwassers und Biologie*. In : PHIL et PESTALOZZI MAD G.H (Eds), *Die Binnengewässer*, Stuttgart.
- KOMARKOVA J., 1998. Fish stock as a variable modifying trophic pattern of phytoplankton. *Hydrobiol.*, 369/370, 139/152.
- KOTTELAT M., FREYHOF J., 2007. *Handbook of European freshwater fishes*. Kottelat, Cornol, Suisse et Freyhof, Berlin, Allemagne. 646 p.
- KRAIEM M.M., 1980. Structure et fonctionnement des écosystèmes du haut-Rhône français XXI, contribution à l'étude du régime alimentaire de *Barbus barbus* (L. 1758) (poisson cyprinidae). *Bull. Fr. Pisc.*, 278, 1-10.
- KRAMMER K. et LANGE-BERTALOT H., 1986. Naviculaceae. In: Ettl H., Gerloff J., Heying H, Mollenhauer D. (Eds), *Süßwasser Flora von Mitteleuropa* 2/1, Stuttgart.



## Références bibliographiques

- KRYKHTIN ML., GORBACH EI., 1982. Reproductive ecology of grass carp, *Ctenopharyngodon idella*, and the silver carp, *Hypophthalmichthys molitrix*, in the Amur basin. *Journal of Ichthyology* 1: 109-123.
- LABROUE L., CAPBLANCQ J. et DAUTA A., 1995. Cycle des nutriments : l'azote et le phosphore. In: *Limnologie générale*. Pourriot R. et Meybeck M. (Ed), Masson, Paris, 727-764.
- LACAZE J.C., 1996. L'eutrophisation des eaux marines et continentales. MARKETING S.A., Paris, 191p.
- LAMARRA V.A., 1975. Digestive activities of carps as a major contributor to the nutrient loading of lakes. *Verh. Int. Ver. Limnol.*, 19, 2461-2468.
- LANQUETUIT, D., SEBILLOTTE, M., 1997. Le guide Ferti-Mieux pour évaluer les modifications de pratiques des agriculteurs. Association Nationale pour le Développement Agricole, 179 pages.
- LAUZANNE L., 1975. Régime alimentaire d'*Hydrocyon Forskalii* (poissons Characidae) dans le lac Tchad et ses tributaires, Cah. ORSTOM, Série Hydrobiol., VOL IX (2), 1056121.
- LAUZANNE L., 1976. Régimes alimentaires et relations trophiques des poissons du lac Tchad, Cah. ORSTOM, Série Hydrobiol., vol X (4), 267-310.
- LAUZANNE L., 1988. Les habitudes alimentaires des poissons d'eau douce africains. In *Biologie et Écologie des Poissons d'Eau Douce Africains*, Lévêque C, Bruton MN Ssentongo GW (eds). ORSTOM: Paris; 221-242.
- LAZZARO X., 1987. A review of planktivorous fishes: their evolution, feeding, behaviours, selectivities, and impacts. *Hydrobiologia*;146 : 97-167.
- LAZZARO X., LACROIX, G., 1995, Impact des poissons sur les communautés aquatiques (p. 648-686), In *Limnologie générale*, Pourriot R. et Meybeck M. Eds., Masson, Paris, p. 648-686.
- LE CREN, E.D., 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology*, 26:201-29.
- LEFEVRE M., 1941. Végétation aquatique et Pisciculture. In: *Revue de botanique appliquée et d'agriculture coloniale*. 21e année, bulletin n°239-240. pp. 386-396.
- LEFEVRE M., 1948. Contribution à la connaissance de la biologie de la carpe en étang clos. - *Ann. Sta. Cent. Hydrobiol.* 2, 52-63.
- LE LOUARN H. et BERTRU G., 1991. Influence des élevages extensifs en étangs sur les rivières. *Revue des Sci. Eau*, 315-327.
- LE LOUARN H., & NEVEU A., 2001. Les étangs et les ressources en eau. Evolution et gestion de la qualité des écosystèmes aquatiques. INRA, 151-168.
- LEGENDRE L. & WATT W.D., 1972. On rapid technique for plankton enumeration. *Ann. Inst. Oceanogr.* Paris, 58 : 173-177.
- LESEL R., 1980. Détritiques et décomposeurs dans les écosystèmes aquatiques. In R. Billard, *La pisciculture en Etang*, INRA, Publ. Paris, 31-36.
- LEVÊQUE C., DEJOUX C. & ILTIS A., 1983. *Limnologie du fleuve Bandama*, Côte d'Ivoire O.R.S.T.O.M., *Hydrobiologia* 100, 113-141.
- LEVEQUE C., 1996 - *Ecosystèmes aquatiques*. Edition IRD. 159p.
- LEVINSEN H., NIELSEN T.G., 2002. The trophic role of marine pelagic ciliates and heterotrophic dinoflagellates in Arctic and temperate coastal ecosystems: a cross-latitude comparison. *Limnology and Oceanography* 47 (2), 427-439.
- LING, S.W. (1967). Feeds and feeding of warm-water fishes in ponds in Asia and the Far East. *FAO Fish. Rep.*, 44(3) : 291-309.
- LOGAN T.J., 1982. Mechanisms for release of sediment-bound phosphate to water and the effects of agricultural land management on fluvial transport of particulate and dissolved phosphate. *Hydrobiologia* 92, 519-530.

- LUQUET P., KAUSHIK S., 1986. Effets defacteurs environnementaux sur le métabolisme et les besoins alimentaires chez les Poissons. *In: Environment and nutrition; Determining factors in intensive fish farming. Proceedings of international Symposium. Aquacultura 86 (Ed.), Verona 9-24.*
- MABERLY S.C., SPENCE D.H.N., 1983. Photosynthetic inorganic carbon use by freshwater plants. *J. of Ecology*, 71, 705-724.
- MAINSTONE G., GULSON J. et PARR W., 1993. Phosphate in freshwater, Standards for nature conservation. *English Nature Research Reports* 73, 91p.
- MALVAL V., 1998– L’impact des petits plans d’eau et les problèmes posés : Etude à partir du bassin de la Flume. DDAF de La Mayenne, 68p.
- MPO., 2005. Rapport sur la situation de la carpe asiatique. Secrétariat Canadien de Consultation Scientifique du MPO, Avis Scientifique 2005/001.
- MARCEL J., 1980. Pisciculture d’étang en Pologne. *Pisciculture française* - 58, 42-64.
- MARCEL J., 1989. La pisciculture en étangs. *In* BARNABE G. « Aquaculture » 2<sup>ème</sup> Ed TEC DOC ; 615-652.
- MARCEL J., 1995. La qualité de l’eau en étang d’alevinage. *In : Les carpes, biologie et élevage*, BILLARD R. (Ed.). Inra Publ., Paris, 74-77.
- MARCEL J., 1996. Production piscicole maîtrisée en plan d’eau - cellule technique aquacole ITAVI, Paris, 61 p.
- MARGOLIS B.E., CASTRO M.S et RAESLY R.L., 2001. The impact of beaver impoundments on the water chemistry of two Appalachian streams. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 58, 11 ; 2271-2283.
- MASSER MP., 2002. Using grass carp in aquaculture and private impoundments. Southern Régional Aquaculture Center Publication No. 3600.
- MEADE, J., 1989. *Agathotopia: the Economics of Partnership*, Aberdeen University Press.
- MOUELHI, S., 2000. Etude écologique de la retenue de Sidi Salem : Aspects physicochimiques des eaux et dynamique des peuplements zooplanctoniques. Thèse de doctorat en sciences biologiques, université de Tunis II. pp. 21 – 126.
- MOUTSINGA A. N., NGOKAKA C., AKOUANGO F. et MAMONEKENE V., 2012. Diversité du régime alimentaire des poissons chats du bassin de la rivière lefini (congo) en fonction des saisons. *Agronomie Africaine* 24 (2) : 81 – 88.
- MILLOT S, BEGOUT ML. 2009. Individual fish rhythm directs group feeding: a case study with sea bass juveniles (*Dicentrarchus labrax*) under selfdemand feeding conditions. *Aquat. Living Resour.*, 22: 363-370.
- MOUTIN T., 1992. Contribution à l’étude du cycle du phosphore dans les écosystèmes lagunaires. Thèse, Université de Montpellier, 164p.
- MOUSLIH M., 1987. Introductions de poissons et d’écrevisses au Maroc. *Revue d’hydrobiologie Tropicale* 20(1) : 1-88.
- NACA, 1989. *Integrated fish farming in China. NACA Technical manual 7. A world food day publication of the network of aquaculture centres in Asia and the Pacific, Bangkok, Thailand.* 278 pp.
- NEUVEU., 1978. Les problèmes posés par l’étude de l’alimentation naturelle des populations sauvages de poissons. *Bull. Centre Et., Rech. Sci. Biarritz Fra.*, 3, 501-512.
- ODAT N., 2003. Length-weight relationship offishes from coral reefs along the coastline of Jordan (Golf of Aqaba). *Naga*, 26(1):9-10.
- OUKHCHINE J. et ZAGANI M., 2000. Etude physico-chimique des interactions sédiments/eau dans les étangs de pisciculture de la station de la Deroua. Béni Mellal, Projet de fin d’études, FST de Béni Mellal.

## Références bibliographiques

- ONEP, 1989. Lutte contre l'eutrophisation des lacs-réservoirs. Introduction de la carpe argentée de Chine dans la retenue du barrage Sidi Mohammed Ben Abdellah. Rabat, Maroc. Rapport scientifique, 34 p.
- ONEP, 1991. Lutte contre l'eutrophisation du lac réservoir Sidi Mohammed Ben Abdellah. Introduction de la carpe argentée de Chine. Rapport de l'Office National de l'Eau Potable.
- ONEP. 1996. Lutte contre les conséquences de l'eutrophisation sur la qualité de l'eau des retenues de barrages. Résultats de l'introduction des poissons consommateurs d'algues.
- OPUSZYNSKI K., 1972. Use of phytophagous fish to control aquatic plants. *Aquaculture*, 1(1) : 61-74.
- OPUSZYNSKI K., 1973. Weed control and fish production. Proceedings of the grass carp conferences, J.V. Shireman (Ed.). Gainesville, Florida, Aquatic Weeds Research Center, University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences, pp. 103-138.
- OTTO-BRUC C., 2001. Végétation des étangs de la Brenne ; influence des pratiques piscicoles à l'échelle des communautés végétales et sur une espèce d'intérêt européen : *Caldesia parnassifolia* (L.) Parl. Thèse du Muséum National d'Histoire Naturelle, 431p.
- PARINET B., ALHOTE B., LEGUBE M. & GBONGUE A., 2000. Etude analytique et statistique d'un écosystème lacustre soumis à divers processus d'eutrophisation. *Revue des sciences de l'eau*. 267p.
- PAUGY D. & LEVÊQUE C., 1999. Régimes alimentaires et réseaux trophiques. In Lévêque, C. & D. Paugy, (eds): *Les poissons des eaux continentales africaines : Diversité, écologie, utilisation par l'homme*. Editions de l'IRD, Paris: pp 167-190.
- PAUGY D, LEVÊQUE C., 2006. Régimes alimentaires et réseaux trophiques. In *Les Poissons des Eaux Continentales Africaines: Ecologie, Utilisation par l'Homme*, Lévêque C, Paugy D (eds). IRD: Paris; 191-216.
- PAULY D., ET MOREAU J., 1997. Méthodes pour l'évaluation des ressources halieutiques. *Collection polytech de l'I.N.P. de Toulouse, Cépaduès-Editions, France : 288 p.*
- PERON, C., 2006. Contribution des épibiontes au régime alimentaire des poissons associés aux piliers des jetées dans les canaux de la Gold Coast, Queensland, Australie. Mémoire de Master 2 Université de La Rochelle.
- PÍPALOVÁ I., 2002. Initial impact of low stocking density of grass carp on aquatic macrophytes. *Aquatic Botany*, 73: 9-18.
- PÍPALOVÁ I., 2006. A review of grass carp use for aquatic weed control and its impact on water bodies. *Journal of Aquatic Plant Management* 44: 1-12.
- PLISNIER P.-D., 1990. Ecologie comparée et exploitation rationnelle de deux populations d'*Haplochromis* spp. (Teleostei, Cichlidae) des lacs Ihema et Muhazi (Rwanda). Thèse de doctorat. UCL, Louvain-La-Neuve : 324pp.
- POIREL A., VINDIMIAN E. et GARRIC J., 1994. Gestion des vidanges de réservoirs, mesures prises pour préserver l'environnement et retour d'expérience sur une soixantaine de vidanges. 18<sup>ème</sup> Congrès des Grands Barrages, Commission Internationale des Grands Barrages, Q.69-R.9. Durban 1994, 321-349.
- POLAN P., M. ENV., MBA., HENRY MONIQUE, LSC. & MSC. 1998. Qualité de l'eau souterraine dans la Marc de Coaticook. Projet d'étude et d'évaluation en santé publique. Canada. 70p.
- PONTON D., STROFFEK S., 1988. Régime alimentaire des alevins de Gardon (*Rutilus rutilus* (L.)) dans un port du lac Léman. Comparaison avec la nourriture disponible. *Schweiz. Z. Hydrol.* 49/3, 329-342.
- POPOVA, O.A. & SYTINA, L.A. 1977. Food and feeding relation of Eurasian perch (*Perca fluviatilis*) and pikeperch (*Stizostedion lucioperca*) in various waters of the USSR. *J. Fish Res. Board Can.* 34: 1559-1569.

## Références bibliographiques

- PORTER, K.G., SHERR, B.F., PACE, M. AND SANDERS, R. W., 1985. Protozoa in planktonic food webs. *J. Protozool.*, 32, 409-415
- POURRIOT R. & FRANCEZ A., 1986. Rotifères. Extrait du bulletin mensuel de la société Linnéenne de Lyon 55 année, n°5.
- POURRIOT, R. & MEYBECK, M., 1995. Limnologie générale. Masson, Paris. Collection Ecologie. pp. 6 – 59.
- PREMAZZI, G. & CARDOSO, A.C., 2001. Criteria for the identification of freshwaters subject to eutrophication. Final report prepared for DG Env. EI-JRC, I-21020 Ispra, Italy, January 2001, 66 pp.
- PRIEDE I., & SECOMBES C., 1988. The biology of fish production. *In: Salmon and trout farming*, Laird L., & Needham T. (eds), Horwood H. Publ., Chichester: 32-68.
- QIN J., THRELKELD S.T., 1990. Experimental comparison of the effects of benthivorous fish and planctivorous fish on plankton community structure. *Arch. Hydrobiol.*, 119, 121-141.
- RAJAN MR. & RAJ SP., 1997. Instantaneous growth rate of sewage grown fishes. *J Environ Biol* 18(2): 127-130.
- RANSON S., 2003. L'alimentation de la carpe (*Cyprinus carpio*) dans son biotope et en élevage. Thèse doctorat vétérinaire. Ecole Nationale Vétérinaire d'ALFORT, Fac. Medecine de CRETEIL. 120p.
- ROBERT R. et TRINTIGNAC P., 1997. Substitutes for live microalgae in marine culture: a review. *Aquat. Living Resour.* 10, 315-327.
- RODIER J., LEGUBE B., MERLET N. et coll., 2009. L'analyse de l'eau. Dunod (9<sup>ème</sup> éd.). Paris, 1579 p.
- ROMDHANE, M.S., 1986. Lagune de GharEl Melh. Milieu, Peuplement, Exploitation. Thèse, Université de Tunis. 245 p.
- ROZMANOVA, R.W. (1966). The feeding of white amur larvae kept in fish cages. *Dokl. Akad. Nauk. SSSR.*, 166(3) : 729-731. (Translated from Russian in *J. Biol. Acad. USSR*, 166(3): 27-28.
- REYES-MARCHANT P., CRAVINHO A., LAIR N., 1992. Food and feeding behaviour of roach (*Rutilus rutilus*, Linne 1758) juveniles in relation to morphological change. *J. Appl. Ichthyol.* 8:77-89.
- SANCHEZ-VAZQUEZ FJ, MARTINEZ M, ZAMORA S, MADRID JA. 1994. Design and performance of an accurate demand feeder for the study of feeding behaviour in sea bass, *Dicentrarchus labrax* L. *Phys. Behav.*, 56: 789–794.
- SCHAPERCLAUS W., 1962. *Traité de pisciculture en étang – Vigot – Paris* 620p.
- SCHLUMBERGER, O., 1998, *Mémento de pisciculture d'étang*, Cemagref, Série « Études » Ressources en eau n° 7, (3e édition), Cemagref-Dicova, Antony. 166 p.
- SCHLUMBERGER O., 2002. *Mémento de pisciculture d'étang*. 4e édition CEMAGREF, 237p.
- SEVRIN-REYSSAC J., GIROUD P., DELSALLE F., 1990. La carpe argentée peut-elle limiter la quantité de phytoplancton ? *Echo-système*, ITAVI, 16, 11-14.
- SEVRIN-REYSSAC J., 1995. L'écosystème aquatique et la qualité des eaux. *In Les carpes, biologie et élevage*. R. Billard Coord., INRA Ed., 25-79.
- SHAPERCLAUS W., 1962- *Traité de la Pisciculture d'étang - Vigot Frères Ed.*, Paris, 620 p.
- SHIREMAN J.V. et MACEINA M.J., 1980. Recording fathometer for Hydrilla distribution and biomass studies. Annual report to the Corps of Engineers, Aquatic Plant Control Program, Water ways Experiment Station, Vicksburg, Mississippi. Gainesville, Florida, University of Florida, School of Forest Resources and Conversation : 69 p.
- SHIREMAN J.V., COLLE D.E. et MACEINA M.J., 1980. Grass carp growth rates in lake Wales, Florida. *Aquaculture*, 19 : 379-382.
- SHIREMAN J.V. & SMITH CR., 1983. Synopsis of biological data on the grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (Cuvier et Valenciennes, 1844). Food and Aquaculture Organization Synopses. No. 135.86 pp.

## Références bibliographiques

- SIH A. & WOOSTER D.E., 1994. Prey Behaviour, prey dispersal, and predator impacts on stream prey. *Ecology* 75, 1199-1207.
- SIME-NGANDO, T., 1991. Contribution à l'étude des protozoaires ciliés planctoniques des différents lacs: variabilités spatiotemporelles saisonnières et nyctémérales et relations avec les ressources microbiennes du milieu. Thèse, Université de Blaise Pascal, N° 339 : 224 pp.
- SOBOLEV Y.A., 1970. Food interrelationships of young grass carp, silver carp, and carp reared jointly in ponds in Belorussia. *J. Ichthyol.*, 10 (4) : 528-533.
- SOURNIA A. 1986. Atlas du phytoplancton marin. Vol. I: Introduction, Cyanophycées, Dictyochophycées, Dinophycées et Gómez: Brachidinium, Asterodinium, Microceratium and Karenia 451 Fig. 5. Scheme of the distribution of the tentative life stages of Brachidinium capitatum. Raphidophycées. Editions du CNRS, Paris.
- SMITH WOJ, SAKSHAUG E., 1990. Polar phytoplankton. In: Smith WOJ (ed) *Polar Oceanography, Part B, Chemistry, Biology and Geology*. Academic Press, pp 477-517.
- SOMMER U., 1989. Plankton ecology succession in plankton communities. Springer Verlag, Berlin.
- STARMACH K., 1966. Cyanophyta-Sinice Glaucophyta-Glaukofity. Flora Slodkowodna Polski. Warszawa.
- STARMACH K., 1983. Euglenophyta. Flora Slodkowodna Polski. Warszawa.
- STERGIOU KI., MOUTOPOULOS DK., 2001. A review of length-weight relationship of fishes from Greek Marine Waters. *Naga*, 24 (1-2): 23-39.
- STOTT B, CROSS DG., 1973. A note on the effect of lowered temperatures on the survival of eggs and fry of the grass carp *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes). *Journal of Fish Biology* 5 : 649-658.
- STICKNEY, R. R. 1979. Principles of Warm water Aquaculture. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- STRUTHERS P.H. (1929) A Biological Survey of the Erie-Niagara System. X. Carp Control Studies in Erie Canal. New York, NY: New York Conservation Department Supplement 18<sup>th</sup> Annual Report, pp. 261-280
- STUM W. Et MORGAN J.J., 1981. Aquatic chemistry. An introduction emphasizing chemical equilibria in natural waters. 2<sup>nd</sup> Ed., J. Wiley and sons; 790p.
- SYERS J.K., HARRIS R.F. et AMSTRONG D.E., 1973. Phosphate chemistry in lake sediments. *J. Environ. Qual.* 2, 1, 1-14.
- TAM N.F.Y., WONG Y.S., LEUNG G., 1992. Effect of exogenous carbon sources on removal of inorganic nutrient by the nitrification-denitrification process. *Water Research*, 26, 1229-1236.
- TARAN W. K. 1936. L'alimentation des carpillons d'un été pendant l'hiver. *Bull Fr. Pisc.* 8, 1-72
- TELETSCHEA F., FOSTIER A., LE BAIL PY., JALABERT B., GARDEUR JN., FONTAINE P., 2007. STOREFISH: a new database dedicated to the reproduction of temperate freshwater teleost fishes. *Cybum* 31 : 227-235.
- THOMAS J. VENU S, KURUP B.M. 2003. Lengthweight relationship of some deep-sea fish inhabiting the continental slope beyond 250 m along the west coast of India. *Naga*, 26(2): 17-21.
- TIMMERMANS J.A. 1989 – Données sur la croissance de quelques espèces de poissons dans les étangs de Campine. Travaux de la station de recherche forestière et hydrobiologiques. B-190 Groenendaal-Hoeliart (Belgique). Série D. 56, 3-34.
- TRINTIGNAC P., 1998. Facteurs influençant les cultures en grands volumes de la microalgue *Skeletonema costatum* sur eaux souterraines salées (en Vendée). *SMIDAP*, 38p.

- TRIPATHI S.D., 1989. *Hypophthalmichthys molitrix* (Val.) and *Ctenopharyngodon idella* Val., Exotic elements in freshwater carp polyculture in India. pp. 27-33. In: J.M. Mohan (ed.). Exotic aquatic species in India. Special Publication 1, Asian Fisheries Society, Indian Branch.
- TURKI, S., 2002. Contribution à l'étude bio-écologique des rotifères, cladocères, copépodes des eaux continentales tunisiennes et dynamique saisonnière du zooplancton de la retenue de barrage Bir M'chergua. Thèse de Doctorat en Sciences Biologiques. Université de Tunis El Manar / INSTM. 225 p.
- ULYEL, A.P. (1991): Ecologie alimentaire des *Haplochromis* spp (Teleostei : Cichlidae) du lac Kivu en Afrique Centrale. Thèse de doctorat, KUL. Leuven, 271pp.
- UTERMÖHL H., 1958. Zur Vervollkommung der Quantitativen Phytoplankton Methodik. Mitt. Int. Verein. Theor. Angew. Limnol., 9 : 1-38.
- VALDEYRON A., 1993. L'apport des amendements calciques. Aqua revue, 50; 12-17p.
- VALENCIENNES A. and CUVIER G., 1844. Histoire naturelle des poissons. Tome dix-septième. Suite du livre dix-huitième. Cyprinoïdes. v. 17: i-xxiii + 1-497 + 2 pp., Pls. 487-519. [Valenciennes authored volume. i-xx + 1-370 in Strasbourg edition.]
- VÖRÖS L., OLDAL I., PRESING M., BALOGH K.V., 1997. Size-selective filtration and taxon-specific digestion of plankton algae by silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix* Val.). *Hydrobiol.*, 342/343, 223-228.
- VYBORNOV A.A. 1989. Effects of silver carp, *Hypophthalmichthys molitrix* Val., on production indices of phyto- and zooplankton under experimental conditions. *Journal of Ichthyology* 29 ( 8): 136-140.
- WELCOME R.L., 1988. International introduction of inland aquatic species. Fisheries technical paper 294: 318p.
- WINDELL J.T., 1968. Food analysis and rate digestion. In W.E. Ricker (éd.). Methods for assesment of fishes production in fresh waters. IBP handbook, Blackwell Scientific Publications: pp 197-203.
- WINDELL J.T., 1971. Food analysis and rate digestion. In Methods for assesment of fishes production in fresh waters. W.E. RICKER, 2<sup>nd</sup>ed.: 215-226.
- WUNDER W. 1938 – La nourriture naturelle de la carpe dans les étangs et les moyens d'en développer la production – Bull. Fr. Pesci. – 112 , 121-129.
- WHITTON B.A., 1970. Biology of Cladophorain freshwaters. *Water Res.*, 4, 457-476.
- WURTZ A., 1958. Peut-on concevoir la typification des étangs selon les mêmes bases que celle des lacs ?. *Ve rh. Internat. Ver. Limnol.*, 13 p. 381-393.
- WURTZ-ARELET J., 1980. La fertilisation des étangs. 99-106, In : *La pisciculture en étang*, Billard R. (éd.), INRA, Paris, 99-106.
- YON V., 2004. Mesure en continue de l'oxygène dissous dans le lac du Bourget (Savoie), relation avec la production phytoplanktonique. DEA. Université de Pierre et Marie Curie. Paris VII. IPGP, 50p.

# **ANNEXES**

---

## ANNEXE 1

### Taxons planctoniques inventoriés au niveau des étangs d'alevinage de carpes durant la période mai-juin 2013

#### *Chlorophycées*

#### *Volvocales*

*Chlamydomonas pertusa* Chodat

#### *Chlorococcales*

*Scenedesmus serratus* (Corda) Bohlin

*Scenedesmus flexuosus* (Lemmermann) Ahlstr

*Scenedesmus armatus* R.Chodat

*Scenedesmus verrucosus* Y.V.Roll

*Scenedesmus falcatus* Chodat

*Scenedesmus protuberans* Fritsch

*Scenedesmus smithii* Chodat

*Scenedesmus crassus* Chodat

*Scenedesmus tenuispina* Chodat

*Scenedesmus acutus* Meyen

*Scenedesmus armatus* var.*bicaudatus* (Guglielmetti) Chodat

*Tetaedron minimum* (A. Braun) Hansgirg

*Tetraedron caudatum* (Corda) Hansgirg

*Pediastrum simplex* Meyen var.*sturmii* Philipose

*Pediastrum boryanum* (Turpin) Meneghinivar.*typicum*

*Pediastrum tetras* var.*tetraodon* (Corda) Hansgirg

*Monographidium griffithii* (Berk.) Komarkova-Legnerova

*Coelastrum reticulatum* (Dangeard) Sennvar.*reticulatum* Komarek

*Coelastrum microporum*(Nägeli) var.*microporum* Sodomkova

#### *Desmidiacées*

*Cosmarium botrytis* Meneghini

*Cosmarium formosulum* Hoff

*Cosmarium granatum* Brebisson

*Closterium aciculare* T. West

*Staurastrum convergens* (Ehrenberg) Meneghini

*Staurastrum orbiculare* Meneghini ex Ralfs

*Staurodesmus convergens* (Ehrenberg ex Ralfs) S. Lilleroth

#### *Zygnématales*

*Spirogyra majuscula* Kützing

*Spirogyra varians* (Hassall) Kützing

*Zygnema stellium* (Muller) C. Agardh

*Zygnema cylindricum* Transeau



**Euglénophycées**

*Euglena ehrenbergii* Klebs

**Dinophycées**

*Peridinium aciculiferum* Lemmermann

*Peridiniopsis elpatiewskyi* (Ostenfeld) Bourrelly

**Diatomophycées**

*Fragilaria crotonensis* Kitton

*Nitzschia dissipata* (Kützing) Rabenhorst

*Navicula cryptocephala* Kützing

*Navicula crucicula* (W.Smith) Donkin

*Navicula veneta* Kützing

*Nitzschia acicularis* W. Smith

*Gomphonema angustatum* (Kützing) Rabenhorst

*Gomphonema constrictum* Ehrenberg

*Nitzschia amphibia* Grunow

*Nitzschia linearis* (Agardh) W. Smith

*Achnanthes lanceolata* (Brébisson ex Kützing) Grunow in Van Heurck

*Epithemia argus* var. *longicornis* (Ehrenberg) Grunow

*Cymbella turgidula* Grunow in Schmidt

*Cymbella cuspidata* Kützing

*Navicula cuspidata* Kützing

*Navicula confervacea* (Kützing) Grunow in van Heurck

*Cyclotella bodanica* Eulenstein ex Grunow

*Gomphonema intricatum* Kützing

*Synedra ulna* (Nitzsch) Ehrenberg

*Amphora ovalis* Kützing

**Cyanobactéries**

*Oscillatoria gracilis* Böcher

*Phormidium tenue* (Meneghini) Gomont

*Merismopedia punctata* Meyen

*Lyngbya bipunctata* Lemmermann

*Chroococcus turgidus* (Kützing) Nägeli

*Microcystis aeruginosa* Kützing

*Microcystis viridis* (A. Braun) Lemmermann

**Characées**

*Chara vulgaris* Linnaeus

**Rotifères**

*Finilia terminalis*

*Lecane monostyla* Daday

*Trichocera cylindrica* Imhof

*Trichocera pusilla* Lauterborn

*Ploesoma truncatum* Levander

*Synchaeta oblonga* Ehrenberg

*Keratella tecta* Gosse

*Notholca squamula* O. F. Muller

***Cladocères***

*Daphnia sp.*

***Copépodes***

*Cyclops sp.*

*Eucyclops lilljeborgii* Sars G.O

## ANNEXE 2

**Indice d'abondance (Io%) et indice d'occurrence (Iab%) des différents taxons inventoriés au niveau des contenus des tubes digestifs des alevins de la carpe argentée- Période d'alevinage 2013.**

	A1		A4		B5	
<b>Taxons</b>	<b>IO %</b>	<b>Iab %</b>	<b>IO %</b>	<b>Iab %</b>	<b>IO %</b>	<b>Iab %</b>
<b>Chlorococcales</b>	<b>31,95</b>	<b>18,57</b>	<b>28,83</b>	<b>41,74</b>	<b>28,571</b>	<b>39,79</b>
<i>Coelastrum reticulatum var. reticulatum</i>	7,986	6,429	2,703	13,91	5,3571	31,14
<i>Scenedesmus flexuosus</i>	1,997	2,143	0,45	0,435	0	0
<i>Scenedesmus javanensis</i>	0	0,714	1,351	2,174	0	0
<i>Scenedesmus verrucosus</i>	0,998	1,429	1,351	0,87	0	0
<i>Coelastrum microporum var. microporum</i>	2,995	0,714	4,505	7,826	3,5714	1,038
<i>Scenedesmus protuberans</i>	5,99	1,429	2,703	4,348	5,3571	3,114
<i>Pediastrum simplex var. sturmii</i>	1,997	1,429	1,351	0,87	3,5714	1,384
<i>Kirchneriella obesa</i>	0,998	0,714	0	0	0	0
<i>Pediastrum integrum</i>	0	0	0,901	0,435	0	0
<i>Pediastrum boryanum var. typicum</i>	0,998	0,714	4,054	3,043	1,7857	0,692
<i>Scenedesmus acutus</i>	4,992	2,143	2,703	0,87	3,5714	0,346
<i>Scenedesmus serratus</i>	2,995	0,714	4,054	4,348	1,7857	1,038
<i>Scenedesmus crassus</i>	0	0	2,703	2,609	1,7857	0,692
<i>Tetraedron minimum</i>	0	0	0	0	1,7857	0,346
<b>Desmidiacées</b>	<b>3,993</b>	<b>2,143</b>	<b>4,054</b>	<b>2,609</b>	<b>5,3571</b>	<b>1,384</b>
<i>Closterium aciculare</i>	0	0	0,901	0,87	0	0
<i>Cosmarium formosulum</i>	0	0	1,351	0,87	1,7857	0,346
<i>Cosmarium botrytis</i>	1,997	0,714	1,351	0,435	3,5714	1,038
<i>Cosmarium granatum</i>	1,997	1,429	0,45	0,435	0	0
<b>Zynématales</b>						
<i>Spirogyra varians</i>	<b>0,998</b>	<b>0,714</b>	<b>0,901</b>	<b>0,435</b>	<b>1,7857</b>	<b>0,692</b>
<b>Dinophycées</b>			<b>4,054</b>	<b>2,174</b>	<b>5,3571</b>	<b>21,8</b>
<i>Peridiniopsis elpatiewskyi</i>	<b>3,993</b>	<b>0,714</b>	2,703	1,304	3,5714	16,26
<i>Peridinium aciculiferum</i>	0	0	1,351	0,87	1,7857	5,536
<b>Diatomophycées</b>	<b>44,92</b>	<b>48,57</b>	<b>45,05</b>	<b>46,09</b>	<b>52,976</b>	<b>35,99</b>
<i>Navicula veneta</i>	4,992	9,286	4,054	1,739	4,1667	2,422
<i>Navicula confervacea</i>	2,995	5,714	0,901	1,304	1,7857	1,384
<i>Nitzschia amphibia</i>	7,986	2,143	5,405	8,696	4,1667	4,152
<i>Navicula crucicula</i>	1,997	2,857	0	0	0	0
<i>Navicula cryptocephala</i>	0	0	0	0,435	1,7857	0,346
<i>Nitzschia dissipata</i>	7,986	3,571	2,703	3,478	6,5476	6,92
<i>Fragilaria crotonensis</i>	1,997	2,857	2,703	2,174	5,3571	1,384
<i>Cymbella turgidula</i>	1,997	2,143	2,703	0,87	1,7857	1,73
<i>Cocconeis placentula</i>	0,998	0,714	0	0	0	0

Annexes

<i>Epithemia argus var. longicornis</i>	5,99	7,857	4,955	13,04	5,9524	1,038
<i>Nitzschia linearis</i>	2,995	2,143	3,153	0,435	3,5714	1,038
<i>Amphora ovalis</i>	0,998	1,429	0	0	1,7857	0,692
<i>Synedra ulna</i>	2,995	7,143	2,703	0,87	3,5714	1,384
<i>Navicula peregrina</i>	0	0	0	0	1,7857	0,692
<i>Navicula cuspidata</i>	0,998	0,714	3,604	3,043	0,5952	1,038
<i>Cyclotella bodanica</i>	0	0	1,351	0,87	3,5714	7,266
<i>Gomphonema olivaceum</i>	0	0	2,703	1,304	1,7857	0,692
<i>Gomphonema angustatum</i>	0	0	2,703	3,478	5,3571	2,076
<i>Gomphonema intricatum</i>	0	0	4,054	3,043	3,5714	1,73
<i>Nitzschia obtusa</i>	0	0	0,45	1,304	0	0
<i>Achnanthes lanceolata</i>	0	0	0,901	0	0	0
<b>Cyanobactéries</b>	<b>7,986</b>	<b>22,86</b>	<b>8,108</b>	<b>1,739</b>	<b>1,7857</b>	<b>0,346</b>
<i>Microcystis viridis</i>	0,998	14,29	0	0	0	0
<i>Merismopedia punctata</i>	2,995	1,429	4,054	0,435	0	0
<i>Phormidium tenue</i>	2,995	7,143	2,703	0,435	0	0
<i>Chroococcus turgidus</i>	0	0	0	0	1,7857	0,346
<i>Oscillatoria tenuis</i>	0,998	0	1,351	0,87	0	0
<b>Rotifères</b>			<b>4,054</b>	<b>2,609</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<i>Lecane monostyla</i>	<b>0,998</b>	<b>0,714</b>	2,703	1,739	0	0
<i>Trichocera sp</i>	0	0	0,901	0,435	0	0
<i>Scaridium ulna</i>	0	0	0,45	0,435	0	0
<b>Copépodes</b>			<b>3,604</b>		<b>0</b>	<b>0</b>
<i>Cyclops sp</i>	0	0	3,604	<b>2,174</b>	0	0
<i>Eucyclops lilljeborgi</i>	<b>0,998</b>	<b>0,714</b>	0	0	0	0
<b>Cladocères</b>	<b>5,99</b>	<b>5</b>			<b>0</b>	<b>0</b>
<i>Cladocera sp</i>	1,997	0,714	0	0	0	0
<i>Daphnia scapholebris mucronata</i>	2,995	1,429	0	0	0	0
<i>Daphnia sp</i>	0	0	<b>1,351</b>	<b>0,435</b>	0	0
<i>latona setifera</i>	0,998	2,857	0	0	0	0

**Indice d'abondance (Io%) et indice d'occurrence (Iab%) des différents taxons inventoriés au niveau des contenus des tubes digestifs des alevins de la carpe herbivore- Période d'alevinage 2013.**

	A2		F3		F5	
<b>Taxons</b>	<b>IO %</b>	<b>Iab %</b>	<b>IO %</b>	<b>Iab %</b>	<b>IO %</b>	<b>Iab %</b>
<b>Chlorococcales</b>	<b>7,407</b>	<b>3,053</b>	<b>28,829</b>	<b>54,222</b>	<b>26,786</b>	<b>17,5</b>
<i>Scenedesmus crassus</i>	0	0	2,381	2,6667	0	0
<i>Scenedesmus acutus</i>	0	0	3,9683	0,4444	0	0
<i>Scenedesmus flexuosus</i>	0	0	2,381	0,8889	0	0
<i>Scenedesmus javanensis</i>	0	0,382	1,5873	1,3333	0	0
<i>Scenedesmus protuberans</i>	0	0	4,7619	1,3333	6,6667	0,8333
<i>Scenedesmus serratus</i>	0	0,382	7,1429	1,3333	0	0
<i>Pediastrum boryanum</i> var. <i>typicum</i>	0	0	0	0	2,6667	0,8333
<i>Pediastrum simplex</i> var. <i>sturmii</i>	0	0	4,7619	0,8889	1,3333	0,8333
<i>Coelastrum reticulatum</i> var. <i>reticulatum</i>	5,556	0,382	7,9365	43,556	5,3333	15
<i>Kirchneriella elongata</i>	0	0	2,381	0,4444	0	0
<i>Tetraedron minimum</i>	0	0	2,381	1,3333	0	0
<i>Coelastrum microporum</i> var. <i>microporum</i>	1,852	1,908	0	0	0	0
<b>Desmidiacées</b>	<b>11,11</b>	<b>1,145</b>	<b>2,381</b>	<b>0,4444</b>	<b>5,3333</b>	<b>0,8333</b>
<i>Cosmarium binum</i>	5,556	0,763	0	0	5,3333	0,8333
<i>Cosmarium botrytis</i>	0	0	2,381	0,4444	0	0
<i>Cosmarium ralfsii</i>	5,556	0,382	0	0	0	0
<b>Zynématales</b>						0
<i>Spirogyra varians</i>	<b>11,11</b>	<b>76,34</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Dinophycées</b>						
<i>Peridiniopsis elpatiewskyi</i>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4,7619</b>	<b>0,8889</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Diatomophycées</b>	<b>46,3</b>	<b>11,07</b>	<b>34,127</b>	<b>33,333</b>	<b>41,333</b>	<b>70</b>
<i>Navicula veneta</i>	5,556	1,145	0,7937	0,4444	1,3333	0,8333
<i>Nitzschia amphibia</i>	5,556	1,527	0	0	1,3333	2,5
<i>Navicula cryptocephala</i>	3,704	1,527	0	0	1,3333	2,5
<i>Navicula crucicula</i>	0	0	0	0	4	16,667
<i>Synedra ulna</i>	0	0	0	0	4	1,6667
<i>Amphora ovalis</i>	0	0	0	0	2,6667	2,5
<i>Gomphonema angustatum</i>	0	0	0	0	6,6667	8,3333
<i>Gomphonema intricatum</i>	0	0	0	0	4	17,5
<i>Nitzschia dissipata</i>	9,259	0,763	9,5238	8	2,6667	2,5
<i>Fragilaria crotonensis</i>	5,556	0,382	7,1429	14,667	5,3333	6,6667
<i>Epithemia argus</i> var. <i>longicornis</i>	3,704	1,145	3,9683	3,1111	0	0
<i>Nitzschia obtusa</i>	0	0	2,381	0,4444	0	0
<i>Nitzschia linearis</i>	3,704	0,763	2,381	0,4444	1,3333	2,5
<i>Navicula cuspidata</i>	7,407	3,053	4,7619	4	2,6667	3,3333
<i>Cymbella turgidula</i>	0	0	0	1,7778	1,3333	0,8333

Annexes

<i>Cymbella lacustris</i>	0	0	0	0	1,3333	0,8333
<i>Cymbella cuspidata</i>	0	0	3,1746	0,4444	1,3333	0,8333
<i>Achnanthes lanceolata</i>	1,852	0,763	0	0	0	0
<b>Cyanobactéries</b>			<b>7,9365</b>	<b>8,8889</b>	<b>6,6667</b>	<b>5</b>
<i>Microcystis viridis</i>	<b>5,556</b>	<b>0,382</b>	0	0	0	0
<i>Microcystis aeruginosa</i>	0	0	0	0,4444	2,6667	4,1667
<i>Merismopedia punctata</i>	0	0	2,381	3,1111	0	0
<i>Phormidium tenue</i>	0	0	1,5873	1,3333	0	0
<i>Lyngbya spirulinoides</i>	0	0	2,381	1,3333	0	0
<i>Chroococcus turgidus</i>	0	0	1,5873	2,6667	4	0,8333
<b>Rotifères</b>						
<i>Scaridium sp</i>	0	0	<b>1,5873</b>	<b>0,4444</b>	0	0
<i>Notholca squamula</i>	<b>5,556</b>	<b>0,382</b>	0	0	<b>4</b>	<b>0,8333</b>
<b>Copépodes</b>					<b>13,333</b>	<b>2,5</b>
<i>Nauplii</i>	0	0	0	0	4	0,8333
<i>Cyclops sp</i>	<b>3,704</b>	<b>3,817</b>	<b>3,9683</b>	<b>0,4444</b>	9,3333	1,6667
<b>Cladocères</b>						
<i>Daphnia sp</i>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2,6667</b>	<b>0,8333</b>
<b>Larves d'insectes</b>	<b>5,556</b>	<b>1,145</b>	<b>3,1746</b>	<b>0,8889</b>	<b>4</b>	<b>1,6667</b>
<b>Fragments Insectes</b>	<b>3,704</b>	<b>2,672</b>	<b>2,381</b>	<b>0,4444</b>	<b>6,6667</b>	<b>0,8333</b>

**Indice d'abondance (I<sub>o</sub>%) et indice d'occurrence (I<sub>ab</sub>%) des taxons inventoriés au niveau des contenus des tubes digestifs des alevins de la carpe commune. Période d'alevinage 2013.**

C2		
Taxons	lo %	lab %
<b>Chlorococcales</b>	<b>24,64</b>	<b>14,12</b>
<i>Scenedesmus protuberans</i>	8,696	4,52
<i>Scenedesmus verrucosus</i>	1,449	0,565
<i>Scenedesmus tenuispina</i>	1,449	0,565
<i>Scenedesmus falcatus</i>	1,449	1,13
<i>Scenedesmus lefevrii</i>	2,899	0,565
<i>Tetraedon caudatum</i>	1,449	0,565
<i>Tetraedon minimum</i>	1,449	0,565
<i>Pediastrum simplex var. sturmii</i>	1,449	0,565
<i>Coelastrum reticulatum</i> <i>var. reticulatum</i>	4,348	5,085
<b>Desmidiacées</b>		
<i>Cosmarium ralfsii</i>	<b>1,449</b>	<b>1,13</b>
<b>Diatomophycées</b>	<b>36,23</b>	<b>20,9</b>
<i>Nitzschia amphibia</i>	5,797	1,695
<i>Navicula confervacea</i>	1,449	0,565
<i>Navicula crucicula</i>	2,899	6,78
<i>Amphora ovalis</i>	1,449	1,13
<i>Nitzschia dissipata</i>	7,246	3,39
<i>Fragilaria crotonensis</i>	7,246	3,955
<i>Epithemia argus var. longicornis</i>	4,348	0,565
<i>Cyclotella bodanica</i>	1,449	0,565
<i>Nitzschia linearis</i>	1,449	1,13
<i>Navicula cuspidata</i>	1,449	0,565
<i>Cymbella turgidula</i>	1,449	0,565
<b>Cyanobactéries</b>	<b>5,797</b>	<b>1,695</b>
<i>Microcystis viridis</i>	2,899	0,565
<i>Merismopedia punctata</i>	2,899	1,13
<b>Rotifères</b>	<b>5,797</b>	<b>23,73</b>
<i>Euchlanis dilatata</i>	1,449	9,605
<i>Agronotholca foliacea</i>	1,449	1,695
<i>Asplanchna priodonta</i>	1,449	5,085
<i>Keratella cochlearis</i>	1,449	7,345
<b>Copépodes</b>		
<i>Cyclops sp</i>	<b>8,696</b>	<b>18,08</b>
<b>Cladocères</b>		
<i>Daphnia sp</i>	<b>1,449</b>	<b>6,215</b>
<b>Larves d'insectes</b>	<b>7,246</b>	<b>5,085</b>
<b>Fragments Insectes</b>	<b>8,696</b>	<b>6,78</b>