



DEMOCRATIC AND POPULAR ALGERIAN REPUBLIC
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTRY OF HIGHER EDUCATION AND SCIENTIFIC RESEARCH
جامعة الشاذلي بن جديد - الطارف
CHADLI BENDJEDID EL TARG UNIVERSITY
كلية علوم الطبيعة والحياة
FACULTY OF NATURE AND LIFE SCIENCES
قسم علوم البحر



DEPARTEMENT DES SCIENCE DE LA MER

Mémoire de Fin d'Études
Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master en
« Hydrobiologie marine et continentale;
Option : "Aquaculture durable" »

Thème

CONTRIBUTION A L'ETUDE DU ZOOPLANKTON D'EAU DOUCE (CAS DU LAC TONGA)

Présenté Par : **Bakiri Abdelatif**

Bourial Ayoub

Soutenue publiquement le : 16/06/2026
devant le jury composé de :

NOM et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
Dahel Amina Tania	Pr.	Université Chadli Bendjedid-El-Tarf	Président
Djabourabi Aicha	Pr.	Université Chadli Bendjedid-El-Tarf	Directeur de thèse
Zaidi Abdel Raouf	MCA	Université Chadli Bendjedid-El-Tarf	Examineur

Année universitaire : 2025/2026

REMERCIEMENTS

«Je tiens à remercier chaleureusement les membres du jury Pr. Dahel A. T. (présidente) et Dr. Zaidi A. R. (Examineur) d'avoir accepté d'évaluer ce travail.

Je souhaite également exprimer ma profonde gratitude à ma directrice de recherche professeur Djabourabi A. pour son accompagnement précieux, ses conseils et sa patience tout au long de ce projet.

Mes remerciements s'adressent enfin à mes proches, ma famille, ainsi qu'à l'ensemble des équipes des laboratoires pédagogiques de l'université Chadli Bendjedid El Tarf de pour leur soutien quotidien.

Sommaire

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale	1
-----------------------------	---

I — Généralités sur le zooplancton d'eau douce

I.1. Définition	3
I.4. Importance du zooplancton	4

II—Les principaux groupes zooplanctoniques des eaux douces.....5

II.1. Les copépodes.....	5
II.1.1. Caractères généraux.....	5
II.1.2. Abondance et distribution	6
II.2. Les cladocères	6
II.2.1. Caractères généraux.....	6
II.3. Les rotifères.....	7
II.2.1. Caractères généraux.....	7

II — Matériel et méthodes

II.1. Présentation de la zone d'étude	11
II.1.1Le parc national d'El kala	11
II.1.2. Lac Tonga.....	11

II.2. Échantillonnage	12
II.2.1. Matériel utilisé	12
II.2.2. Prélèvement du zooplancton	13
II.3. Identification et dénombrement du zooplancton	14

III — Résultats

III.1. Étude qualitative du zooplancton	15
III.1.1. diversité spécifique	15
III.1.2. Identification des espèces de inventoriées	16
III.2. Étude quantitative	17
III.2.1. Distribution temporelle du zooplancton	17
III.2.2. Densité par classe zooplanctonique	18
III.2.3. Distribution temporelle des espèces zooplanctoniques	20
III.2.3.1. Les rotifères	20
III.2.3.2. Les cladocères	21
III.2.3.3. Les copépodes	22

1V. Conclusion	24
-----------------------------	----

V. Références bibliographiques	26
---	----

Résumé

Cette étude constitue une contribution à la connaissance des communautés zooplanctoniques du lac Tonga, zone humide d'importance écologique située dans le Parc National d'El Kala (Nord-Est algérien). Elle vise à caractériser la diversité spécifique et la dynamique temporelle du zooplancton durant la période printanière, ainsi qu'à évaluer son intérêt en tant qu'indicateur biologique de l'état écologique du milieu.

L'analyse qualitative a permis d'identifier 13 espèces appartenant à trois principaux groupes zooplanctoniques : les rotifères, les copépodes et les cladocères. Les rotifères ont présenté la plus forte richesse spécifique avec 39 % des espèces recensées, suivis des copépodes (38 %) et des cladocères (23 %). Cette structure taxonomique témoigne de la capacité d'adaptation des rotifères aux conditions environnementales du lac.

L'étude quantitative a révélé une variabilité temporelle des densités zooplanctoniques. La densité globale maximale a été enregistrée au mois d'avril avec environ 100 000 ind/m³, tandis que les valeurs les plus faibles ont été observées en mai. Les rotifères ont dominé la communauté en abondance, avec des densités maximales atteignant 78 000 ind/m³ en mars. Parmi les espèces recensées, *Plationus patulus* et *Polyarthra major* ont été les plus abondantes chez les rotifères. Les cladocères ont présenté les plus faibles densités, avec une succession de dominance entre *Bosmina longirostris*, *Simocephalus exspinosus* et *Ceriodaphnia* sp. selon les mois étudiés. Chez les copépodes, une prolifération remarquable de *Diacyclops bicuspidatus* a été observée en mai, suggérant des conditions environnementales favorables à son développement.

Les variations observées dans la composition et l'abondance des communautés zooplanctoniques semblent être influencées par les fluctuations saisonnières des facteurs environnementaux, notamment la température, la disponibilité des ressources trophiques et les interactions biotiques telles que la compétition et la prédation. Ces résultats confirment le rôle essentiel du zooplancton dans le fonctionnement des réseaux trophiques aquatiques et soulignent son intérêt comme bioindicateur de la qualité écologique des écosystèmes d'eau douce.

Enfin, certaines espèces identifiées présentent un potentiel d'utilisation en aquaculture en tant que proies vivantes pour l'alimentation larvaire des poissons. Cette étude fournit ainsi des données de référence utiles pour le suivi écologique du lac Tonga et pour la mise en œuvre de stratégies de gestion et de conservation de cette zone humide d'importance internationale.

Mots-clés : Lac Tonga, zooplancton, rotifères, cladocères, copépodes.

Abstract

This study contributes to the understanding of zooplankton communities in Lake Tonga, a wetland of ecological importance located within El Kala National Park (Northeastern Algeria). It aims to characterize the species diversity and temporal dynamics of zooplankton during the spring period and to assess its value as a biological indicator of the ecological status of the environment.

The qualitative analysis identified 13 species belonging to three major zooplankton groups: rotifers, copepods, and cladocerans. Rotifers exhibited the highest species richness, accounting for 39% of the recorded species, followed by copepods (38%) and cladocerans (23%). This taxonomic structure reflects the adaptive capacity of rotifers to the environmental conditions prevailing in the lake.

The quantitative study revealed temporal variability in zooplankton densities. The highest overall density was recorded in April, reaching approximately 100,000 individuals/m³, whereas the lowest values were observed in May. Rotifers dominated the community in terms of abundance, with maximum densities reaching 78,000 individuals/m³ in March. Among the identified species, *Plationus patulus* and *Polyarthra major* were the most abundant rotifers. Cladocerans exhibited the lowest densities, with a succession of dominance among *Bosmina longirostris*, *Simocephalus exspinosus*, and *Ceriodaphnia* sp. depending on the months studied. Among copepods, a remarkable proliferation of *Diacyclops bicuspidatus* was observed in May, suggesting environmental conditions favorable to its development.

The observed variations in the composition and abundance of zooplankton communities appear to be influenced by seasonal fluctuations in environmental factors, particularly temperature, the availability of trophic resources, and biotic interactions such as competition and predation. These findings confirm the essential role of zooplankton in the functioning of aquatic trophic networks and highlight its importance as a bioindicator of the ecological quality of freshwater ecosystems.

Finally, some of the identified species exhibit potential for use in aquaculture as live prey for fish larval feeding. This study therefore provides valuable baseline data for the ecological monitoring of Lake Tonga and for the implementation of management and conservation strategies for this wetland of international importance.

Keywords: Lake Tonga, zooplankton, rotifers, cladocerans, copepods.

الملخص

تُعد هذه الدراسة مساهمة في تعزيز المعرفة بمجتمعات العوالق الحيوانية (الزوبلانكتون) في بحيرة تونغنا، وهي منطقة رطبة ذات أهمية بيئية تقع ضمن الحظيرة الوطنية للقالا (شمال شرق الجزائر). وتهدف إلى توصيف التنوع النوعي والديناميكية الزمنية للزوبلانكتون خلال فترة الربيع، بالإضافة إلى تقييم أهميته كمؤشر حيوي للحالة البيئية للنظام المائي.

أظهر التحليل النوعي وجود 13 نوعًا تنتمي إلى ثلاث مجموعات رئيسية من الزوبلانكتون: الدوارات (Rotifera)، ومجذافيات الأرجل (Copepoda)، ومتفرعات القرون (Cladocera). وقد سجلت الدوارات أعلى غنى نوعي بنسبة 39٪ من الأنواع المحصاة، تلتها مجذافيات الأرجل بنسبة 38٪، ثم متفرعات القرون بنسبة 23٪. ويعكس هذا التركيب التصنيفي قدرة الدوارات الكبيرة على التكيف مع الظروف البيئية السائدة في البحيرة.

كشفت الدراسة الكمية عن وجود تباين زمني في كثافات الزوبلانكتون. وقد سُجلت أعلى كثافة إجمالية خلال شهر أبريل، حيث بلغت حوالي 100,000 فرد/م³، في حين لوحظت أدنى القيم خلال شهر مايو. وهيمنت الدوارات من حيث الوفرة العددية، إذ بلغت كثافتها القصوى 78,000 فرد/م³ في شهر مارس. ومن بين الأنواع المحددة، كانت *Plationus* الأكثر وفرة ضمن الدوارات. أما متفرعات القرون فقد سجلت أقل الكثافات، مع تعاقب في سيادة الأنواع *Bosmina longirostris* و *Simocephalus exspinosus* و *Ceriodaphnia* sp. تبعًا للأشهر المدروسة. وبالنسبة لمجذافيات الأرجل، فقد لوحظ تكاثر ملحوظ للنوع *Diacyclops bicuspidatus* خلال شهر مايو، مما يشير إلى وجود ظروف بيئية ملائمة لنموه وتطوره.

ويبدو أن التغيرات الملحوظة في تركيب ووفرة مجتمعات الزوبلانكتون تتأثر بالتقلبات الموسمية للعوامل البيئية، ولا سيما درجة الحرارة، وتوفر الموارد الغذائية، والتفاعلات الحيوية مثل المنافسة والافتراس. وتؤكد هذه النتائج الدور الأساسي للزوبلانكتون في عمل الشبكات الغذائية المائية، كما تبرز أهميته كمؤشر حيوي لتقييم الجودة البيئية للأنظمة البيئية للمياه العذبة.

وأخيرًا، تُظهر بعض الأنواع المحددة إمكانات واعدة للاستخدام في مجال الاستزراع المائي بوصفها فرائس حية لتغذية يرقات الأسماك. وبالتالي، توفر هذه الدراسة بيانات مرجعية مهمة للرصد البيئي لبحيرة تونغنا، ولتطوير استراتيجيات إدارة وحماية هذه المنطقة الرطبة ذات الأهمية الدولية.

الكلمات المفتاحية: بحيرة تونغنا، الزوبلانكتون، الدوارات، متفرعات القرون، مجذافيات الأرجل.

Liste des figures

Titre	Page
Figure 1: Position géographique des sites d'études	12
Figure 2: Schéma d'un filet à plancton	13
Figure 3 : Diversité spécifique du zooplancton	15
Figure 4: Densité Globale moyenne du zooplancton	18
Figure 5: Densité moyenne par classe zooplanctonique	19
Figure 6: distribution temporelle des espèces de rotifères	20
Figure 7: distribution temporelle des espèces de cladocères	21
Figure 8: distribution temporelle des espèces de copépodes	22

Introduction

Le zooplancton constitue une composante essentielle des écosystèmes aquatiques continentaux et joue un rôle central dans le fonctionnement des réseaux trophiques des eaux douces. Il regroupe un ensemble d'organismes hétérotrophes dérivant passivement dans la colonne d'eau, principalement représentés par les rotifères, les cladocères et les copépodes. Ces organismes assurent le transfert de matière et d'énergie entre les producteurs primaires, notamment le phytoplancton, et les niveaux trophiques supérieurs tels que les poissons planctonophages et leurs larves (Lampert & Sommer, 2007).

Les rotifères constituent généralement la fraction la plus diversifiée du zooplancton d'eau douce. Ce sont des organismes microscopiques caractérisés par un cycle de vie court, une reproduction rapide, souvent par parthénogenèse, et une forte capacité d'adaptation aux variations environnementales. Leur sensibilité aux changements des conditions du milieu en fait d'excellents indicateurs biologiques de la qualité des eaux et du degré d'eutrophisation des écosystèmes aquatiques (Sládeček, 1983). Certaines espèces, notamment celles appartenant aux genres *Brachionus* et *Keratella*, sont fréquemment associées aux milieux eutrophes.

Les cladocères, communément appelés « puces d'eau », représentent un groupe important de microcrustacés planctoniques dominé par des genres tels que *Daphnia*, *Bosmina* et *Ceriodaphnia*. Principalement phytoplanctonophages, ils exercent une pression de broutage significative sur les populations algales et contribuent ainsi à la régulation des proliférations phytoplanctoniques. En outre, ils constituent une ressource alimentaire essentielle pour de nombreuses espèces de poissons, particulièrement durant les stades larvaires (Dodson & Frey, 2001). Leur abondance et leur composition spécifique sont fortement influencées par la disponibilité des ressources alimentaires et la pression de prédation.

Les copépodes, divisés principalement en Cyclopoïdes et Calanoïdes dans les eaux continentales, occupent également une place prépondérante au sein des communautés zooplanctoniques. Ils présentent des stratégies alimentaires variées, allant de l'herbivorie à l'omnivorie, voire à la prédation. Leur cycle de développement complexe, comprenant plusieurs stades naupliens et copépodites avant le stade adulte, leur confère une grande capacité d'adaptation aux fluctuations environnementales (Williamson & Reid, 2001). De plus, leur position intermédiaire dans les réseaux trophiques leur confère un rôle clé dans les transferts énergétiques au sein des écosystèmes aquatiques.

En raison de leur cycle de vie court, de leur forte sensibilité aux variations environnementales et de leur réponse rapide aux perturbations du milieu, les communautés zooplanctoniques sont largement utilisées comme indicateurs biologiques de la qualité des eaux et de l'état trophique des écosystèmes aquatiques (Gannon & Stemberger, 1978 ; Jeppesen et al., 2011). Les modifications de leur structure, de leur abondance et de leur diversité reflètent souvent les changements des paramètres physico-chimiques tels que la température, le pH, l'oxygène dissous, la conductivité, ainsi que les concentrations en nutriments, notamment le phosphore et l'azote, responsables des phénomènes d'eutrophisation (Wetzel, 2001).

La composition et la dynamique des communautés zooplanctoniques sont influencées par une combinaison complexe de facteurs abiotiques et biotiques. Parmi les facteurs abiotiques, la température, la disponibilité des ressources alimentaires, les conditions hydrologiques et la concentration en nutriments exercent une influence majeure sur la distribution et la succession saisonnière des espèces (Sommer et al., 1986 ; Richardson, 2008). Les interactions biotiques, notamment la compétition interspécifique et la prédation exercée par les poissons, contribuent également à structurer les assemblages zooplanctoniques (Carpenter et al., 1985).

Dans les écosystèmes lacustres, l'étude du zooplancton revêt une importance particulière pour la compréhension des processus écologiques régissant le fonctionnement des milieux aquatiques. En effet, la diversité et la structure des peuplements zooplanctoniques fournissent des informations précieuses sur les conditions environnementales, l'évolution du statut trophique des plans d'eau et l'impact des pressions anthropiques sur les écosystèmes d'eau douce (Kagalou et al., 2010). De ce fait, l'analyse des communautés zooplanctoniques constitue un outil indispensable pour la surveillance écologique, la gestion durable des ressources aquatiques et la mise en œuvre de programmes de conservation des zones humides.

La présente étude s'inscrit dans le cadre des recherches visant à enrichir les connaissances relatives au zooplancton du lac Tonga, un écosystème lacustre d'eau douce situé dans la région d'El Tarf. Elle prolonge les inventaires faunistiques précédemment entrepris et a pour objectif d'approfondir la caractérisation taxonomique des communautés zooplanctoniques, reconnues pour leur sensibilité aux variations environnementales et leur utilisation comme indicateurs biologiques de l'état écologique des écosystèmes aquatiques. Compte tenu de l'importance écologique du lac Tonga, notamment en tant que zone humide d'intérêt patrimonial et site Ramsar, ainsi que de sa valeur socioéconomique, l'évaluation continue de sa qualité environnementale à travers l'étude de ses peuplements zooplanctoniques constitue une démarche essentielle pour la conservation et la gestion rationnelle de cet écosystème.

I. Généralités

I.1. Définition

Le zooplancton (du grec *zôon* : « animal » et *planktos* : « errant ») désigne l'ensemble des organismes animaux vivant dans la colonne d'eau et dérivant passivement au gré des courants. Bien que certains soient capables de mouvements actifs, leur capacité de nage reste insuffisante pour s'opposer aux déplacements des masses d'eau (Balvay, 2010). Le zooplancton regroupe des organismes unicellulaires ou pluricellulaires, généralement de petite taille ou microscopiques, appartenant à divers groupes zoologiques tels que les protozoaires, les rotifères, les cladocères, les copépodes ainsi que les stades larvaires de nombreux invertébrés et vertébrés aquatiques.

Selon leur cycle biologique, deux grandes catégories de zooplancton sont distinguées :

- **Le zooplancton permanent ou holoplancton**

L'holoplancton regroupe les organismes qui accomplissent l'ensemble de leur cycle de vie au sein du plancton. Il comprend principalement des organismes unicellulaires se reproduisant par division cellulaire et des organismes pluricellulaires dont la reproduction est sexuée ou parthénogénétique. Ces espèces se caractérisent généralement par un fort potentiel reproducteur et un renouvellement rapide de leur biomasse. Leur durée de vie est souvent courte, variant de quelques jours à quelques semaines (Pierre Mollo et Noury, 2013). En raison de leur abondance et de leur petite taille, ils constituent une ressource alimentaire importante pour le zooplancton prédateur et les jeunes stades de nombreux poissons.

- **Le zooplancton temporaire ou méroplancton**

Le méroplancton est constitué d'organismes qui ne passent qu'une partie de leur cycle de vie dans le plancton. Il comprend essentiellement des œufs, des larves et des formes juvéniles d'espèces benthiques ou nectoniques qui, après une phase planctonique de durée variable (de quelques heures à plusieurs semaines), se métamorphosent pour adopter un mode de vie différent. Cette catégorie inclut notamment les larves de mollusques, de crustacés, de poissons et d'autres invertébrés aquatiques (Pierre Mollo et Noury, 2013).

Le zooplancton peut également être classé selon plusieurs critères.

- **Selon la taille des organismes (Bougis, 1976)**

Catégorie	Taille
Microzooplancton	< 200 µm
Mésozooplancton	0,2 – 20 mm

Catégorie	Taille
Macrozooplancton	> 20 mm

- **Selon la répartition dans la colonne d'eau**

Catégorie	Localisation
Épiphancton	Couches superficielles
Mésoplancton	Couches intermédiaires
Bathypnancton	Couches profondes

- **Selon le cycle biologique**

Catégorie	Caractéristiques
Holoplancton	Organismes vivant toute leur existence à l'état planctonique
Méropnancton	Organismes ne passant qu'une partie de leur cycle de vie dans le plancton avant d'adopter une vie benthique ou nectonique

Le zooplancton présente également une grande diversité de stratégies alimentaires. Deux principaux modes d'alimentation sont distingués :

- **La filtration**, qui consiste à capturer les particules alimentaires en suspension dans l'eau, telles que les microalgues, les bactéries et les débris organiques.
- **La prédation**, correspondant à la capture active de proies individuelles grâce à des mécanismes de détection et de sélection. De nombreuses espèces zooplanctoniques présentent ainsi un régime alimentaire omnivore, combinant filtration et prédation selon les ressources disponibles (Jacques, 2006).

1.2. Importance du zooplancton

Le zooplancton occupe une position centrale dans les réseaux trophiques des écosystèmes aquatiques, constituant un maillon essentiel entre les producteurs primaires et les consommateurs de niveaux trophiques supérieurs (Figure 1). En se nourrissant principalement du phytoplancton, il assure le transfert de matière et d'énergie vers les poissons planctonophages et d'autres organismes aquatiques, contribuant ainsi au fonctionnement et à la stabilité des écosystèmes (Banse, 1995 ; Levinsen et Nielsen, 2002).

Par ailleurs, le zooplancton exerce un contrôle de type « top-down » sur les communautés phytoplanctoniques par son activité de broutage, influençant ainsi la biomasse et la composition spécifique des producteurs primaires (Banse, 1995). Il participe également aux cycles biogéochimiques des éléments nutritifs grâce à ses activités métaboliques et à la reminéralisation de la matière organique, favorisant le recyclage des nutriments au sein des milieux aquatiques.

En raison de leur sensibilité aux variations environnementales, de leur cycle de vie court et de leur réponse rapide aux perturbations du milieu, les organismes zooplanctoniques sont largement utilisés comme bioindicateurs de la qualité écologique des écosystèmes aquatiques et de leur état trophique.

Enfin, certaines espèces zooplanctoniques présentent un intérêt économique important, notamment en aquaculture, où elles sont utilisées comme nourriture vivante pour les larves et les juvéniles de poissons et de crustacés. Les rotifères (*Brachionus* spp.), les cladocères (*Daphnia* spp.) et les copépodes sont particulièrement appréciés en raison de leur valeur nutritionnelle élevée et de leur facilité de production à grande échelle (O'Brien et Lee, 2005).

II. Les principaux groupes zooplanctoniques des eaux douces

Ils sont constitués de 3 groupes principaux : les Copépodes-les Cladocères - les Rotifères.

II.1. Les Copépodes

II.1.1. Caractères généraux

Le terme de Copépode est issu de deux racines grecques : *kope* qui signifie rame et *podos* qui signifie pied. Le nom de ces animaux fait ainsi référence à leurs pattes en forme de rames (**Rossi, 2008**).

Les Copépodes sont de petits Crustacés dont les adultes ne mesurent le plus souvent qu'un ou deux millimètres (les espèces les plus petites mesurent environ 0,2 mm et les plus grandes environ 10 mm).

Les Copépodes appartiennent à la classe des Crustacés qui constitue elle-même une subdivision de l'embranchement (ou phylum) des Arthropodes. Il s'agit de Crustacés primitifs et ils étaient à ce titre autrefois classés parmi les entomostracés que l'on opposait aux Malacostracés, plus évolués.

Cette espèce est l'une des principales composantes du zooplancton; On trouve également des Copépodes vivant sur le fond ou à l'intérieur même des sédiments. On parle alors de Copépodes benthiques que l'on oppose aux Copépodes pélagiques du zooplancton. Enfin, il existe des espèces parasites d'animaux. Dans ce dernier cas, leur corps a souvent subi d'importantes modifications, au point que seule la larve permet de reconnaître le parasite comme un Copépode.

Les Copépodes planctoniques herbivores sont des filtreurs. Ils créent des courants à travers leurs appendices buccaux. Ces Copépodes capturent souvent des algues phytoplanctoniques unicellulaires dont la taille varie de 5 à 50 µm. Il y a d'autre part des Copépodes carnivores. Ces Crustacées ne filtrent pas l'eau. Ils capturent les Protozoaires, les Rotifères, des larves d'autres Crustacés ou d'autres

Copépodes dont la taille est un peu plus grande par rapport aux proies des filtreurs. Parmi les espèces qui possèdent les deux comportements alimentaires, il y a les omnivores. Ils peuvent être prédateurs ou filtreurs en fonction des conditions environnementales. Ils peuvent aussi se nourrir des détritiques (*Todd et al., 1996*).

II.1.2. Abondance et distribution

Les copépodes surclassent tout autre organisme zooplanctonique au sein de l'écosystème aquatique du point de vue abondance avec 70 à 90 % de la biomasse totale du zooplancton (*Nybakken, 2001*).

Dans les lagunes et les estuaires, les copépodes représentent 80 à 95 % de la biomasse zooplanctonique globale (*Heerkloss et al., 1990*) et 70 % dans les océans (*Wells, 1984*). Les copépodes ont colonisé divers écosystèmes et habitats aquatiques : des environnements d'eau douce aux environnements marins et hypersalins ; presque tous les régimes de température et donc toutes les latitudes (des écosystèmes polaires aux tropicaux en passant par les écosystèmes tempérés) et toutes les altitudes, des milieux montagneux (*Elgmork et Halvorsen, 1998*) aux fosses abyssales et sur les sites hydrothermaux (*Heptner et Ivanenko, 2002*). En raison de leur large distribution, les copépodes ont développé divers styles de vie (*Huys et Boxshall, 1991*) qui leur ont permis de s'adapter aux différents milieux. Ce compartiment animal existe sous diverses formes : libre ou parasite, planctonique ou benthique.

II.2. Les Cladocères

II.2.1. Caractères généraux

Cladocera: du grec [*clado*] = rameau, branche à greffer ; et du grec [*cerat*] = corne ; en allusion aux antennes ramifiées.

Selon les publications plus récentes, elle deviendrait pour **Cladocera**:

Embranchement: Arthropodes

Sous-embranchement: Crustacés

Classe: Branchiopodes

Super-ordre : *Cladocera* (*Milne-Edwards, 1840*).

Ce sont des petits crustacés très fréquents dans les eaux douces à l'exception des eaux courantes rapides où on ne les trouve que lorsqu'ils sont entraînés par les courants à partir de zones plus calmes (*Amoros, 1984*).

Ils ont une longueur variant de 0,2 à 3 mm et atteignent exceptionnellement 15 mm. Le corps est transparent, translucide ou parfois coloré ; la segmentation n'est pas visible, sauf exception. Ils présentent une tête distincte pourvue de deux antennes dont la seconde est grande sert d'organe de locomotion.

Chez la plupart des espèces, le thorax et l'abdomen sont couverts d'une carapace bivalve dont l'ouverture ventrale et postérieure laisse sortir les appendices thoraciques et abdominaux. En vue latérale, les valves sont de formes variées : ovales, sphériques, allongées (**Amoros, 1984**). De plus, ils peuvent présenter des striations, des réticulations ou une pilosité plus ou moins développée à leur surface, des soies ou des épines marginales et une épine caudale. La tête qui n'est pas comprise entre les valves est protégée par une capsule céphalique.

On ne distingue généralement pas de véritable abdomen, mais un post-abdomen constitué par l'extrémité du corps très mobile. Le plus souvent, ce post-abdomen est replié ventralement vers l'avant et l'anus s'ouvre sur le bord dorsal de celui-ci.

Les Cladocères ont une fécondité élevée comme les Copépodes, mais affichent une durée de vie et un temps de génération plus court que ces derniers. Leur reproduction est parthénogénétique pendant la plus grande partie de l'année. Elle est en suite interrompue par une reproduction sexuée lorsque les conditions du milieu deviennent défavorables (diminution de la température, assèchement, surpopulation, etc.). Le nombre d'œufs par ponte varie de 2 à 40. Les œufs sont portés par la femelle et protégés dans une cavité dorsale. Il n'y a pas de stade larvaire libre. La longévité varie selon les espèces, la température et l'alimentation(**Pourriot, et al., 1982**).

La reproduction des Cladocères est particulière. Les populations sont principalement constituées de femelles qui se multiplient par parthénogénèse et produisent des larves vivantes qui grandiront par mues successives. Quand les conditions écologiques se dégradent apparaissent des mâles qui, en s'accouplant, permettront aux femelles de produire des œufs qui résisteront jusqu'au retour de conditions favorables à leur éclosion. Selon les espèces, les pics de population se produisent à différents moments de l'année, principalement au printemps et en automne (**Jean-François, et al.,2016**).

Les Cladocères se nourrissent par filtration et transforment la matière organique végétale microscopique : phytoplancton, sédiments, bactéries, quelques espèces sont prédatrices(**Jean-François, et al.,2016**).

Cette espèces présent aussi bien en eau douce qu'en mer, et de l'équateur aux pôles. La grande majorité des espèces vit en eau douce (trois principaux genres vivent en mer : *Penilia*, *Podon*, *Evadne*)(**Jean-François, et al.,2016**).

II.3.Les rotifères

II.3.1.Caractères généraux

Les rotifères sont des organismes multicellulaires microscopiques appartenant au zooplancton, fascinent l'observateur avec leur structure buccale singulière. En effet, le mouvement de la couronne ciliée des rotifères, qui aspire l'eau à l'intérieur de l'appareil buccal, rappelle celui d'une roue. Ainsi, ils doivent leur nom aux locutions latines *rota* (roue) et *ferre* (porter) (**Wallace & Snell, 2010**).

Ces métazoaires de l'embranchement invertébré Rotifera comprennent environ 2000 espèces et sont retrouvés dans tous les milieux d'eau douce. Les rotifères sont un phylum diversifié de métazoaires vivant pour la plupart en eau douce. Leur taille varie de 50 à 2000 µm.

La plupart des espèces de rotifères sont solitaires, mais environ 25 espèces coloniales ont été répertoriées. Quelques rotifères sont des parasites d'algues, d'éponges, d'autres rotifères, d'oligochètes, d'œufs d'escargots, de crustacés et de poissons. D'autres sont sessiles et se fixent à diverses surfaces à l'aide d'une substance adhésive sécrétée par des glandes dans le pied (**Wallace & Snell, 2010**). De façon générale, les rotifères sont divisés en trois groupes: les Seisonides (2 genres, 3 espèces), les Bdelloïdes (19 genres et un peu plus de 460 espèces) et les Monogonontes. Les Seisonides ne vivent qu'en eau salée. Les Monogonontes forment le groupe le plus diversifié avec plus de 100 genres et 1570 espèces (**Wallace & Snell, 2010**).

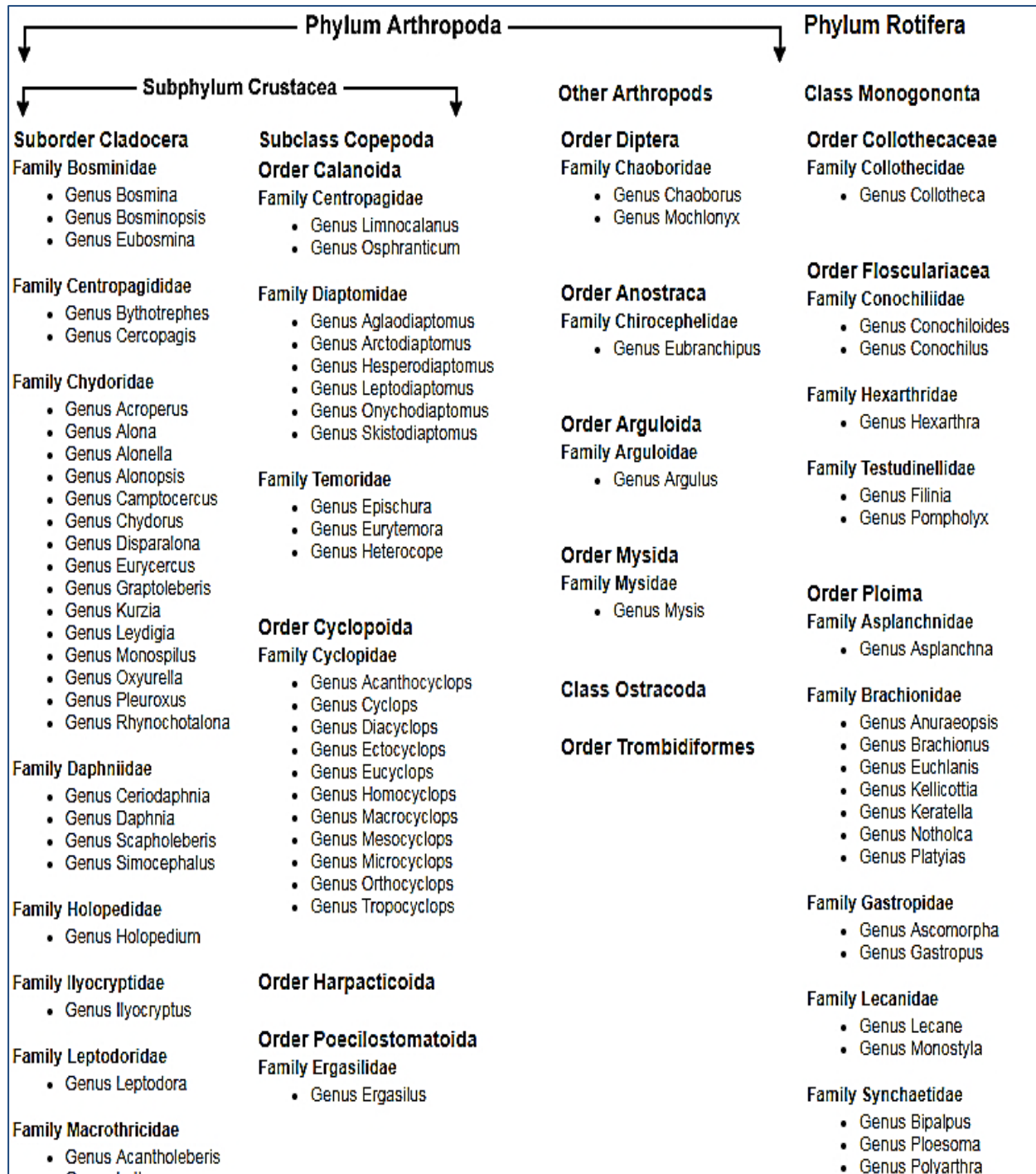
Les rotifères observent différents types de reproduction selon les groupes. Les Seisonides vivent seulement en eau salée, observent une reproduction exclusivement sexuée, alors que les Bdelloïdes sont tous parthénogénétiques. L'absence de reproduction sexuée chez les Bdelloïdes bouscule un des principes de base de l'évolution pour lequel la perte de la reproduction sexuée chez une espèce la voue à une extinction rapide. Pourtant, ce groupe de rotifères persiste asexuellement depuis des millions d'années et pourrait donc détenir des informations sur les raisons pour lesquelles la majorité des espèces se reproduisent sexuellement (**Judson & Normark, 1996**). Les Monogonontes, quant à eux, alternent entre les deux types de reproduction, selon les conditions du milieu. Lorsque les conditions sont favorables, seulement des femelles diploïdes sont présentes. Elles se reproduisent de façon parthénogénétique, produisant des femelles amictiques, c'est-à-dire des femelles qui ne produisent que des femelles. Lorsque les conditions deviennent défavorables, les femelles amictiques donnent naissance à des femelles diploïdes mictiques qui, à leur tour, produisent des œufs haploïdes. Si l'œuf n'est pas fécondé, il donnera naissance à un mâle haploïde apte à féconder des œufs. Pour certaines espèces, les mâles n'ont tout simplement pas encore été observés.

Des différences morphologiques sont observées entre les mâles et les femelles, les mâles étant généralement plus petits. Si les conditions sont favorables (température, photopériode, nourriture abondante), le cycle de vie des rotifères peut s'avérer très court. Une femelle peut survivre d'une à trois semaines et produire environ vingt-quatre œufs (**Wallace & Snell, 2010**). Dans un contexte de changements

climatiques, la température pourrait avoir une influence sur la durée de vie des rotifères.

La plupart des rotifères sont omnivores et se nourrissent essentiellement de picoplancton ainsi que de petits flagellés et ciliés de moins de 20 μm , alors que certains sont des prédateurs ingérant des particules pouvant atteindre une taille de 40 μm (**Arndt, 1993**). Dans les milieux aquatiques colonisés par les poissons, ceux-ci exercent une pression de prédation sur le zooplancton, ce qui a pour effet de libérer le phytoplancton de la pression exercée par le zooplancton. Les mares de fonte qui nous intéressent ne contiennent pas de poisson, ce qui implique que le zooplancton se retrouve à la tête de la chaîne alimentaire.

III. Classifications générale du zooplancton d'eaux douce



II. Matériel et méthodes

II.1. Présentation de la zone d'étude

II.1.1. Le Parc National d'El-Kala : est un parc national algérien , situé près de la ville d'El Kala dans la wilaya d'El-Tarf, au nord-est de l'Algérie (fig.1). Créé en 1983, avec une superficie de 80 000 ha. Ses coordonnées géographiques sont : 36°52 Nord et 8°27 longitudes au niveau de la ville d'El Kala. Il est bordé :

- ✚ Au Nord, par la Méditerranée.
- ✚ Au Sud, par les contreforts des monts de la Medjerda.
- ✚ A l'Est, par la frontière Algéro-tunisienne.
- ✚ A l'Ouest, par l'extrémité de la plaine alluviale

La partie centrale du Parc, abrite trois lacs qui ont été classés zones humides d'importance internationale de la convention de Ramsar par l'Unesco en 1983 : le lac El Melah , le lac Oubeira et le lac Tonga . (Marc Côte, 1996) . Le parc a été classé réserve de biosphère par l'UNESCO en 1990

II.1.2. Le lac Tonga :

C'est un étang d'eau douce qui communique avec la mer par le canal artificiel de la Messida. Il se singularise par la présence d'îlots flottants colonisée par des saules et de grandes plages d'eau libre occupées partiellement par le nénuphar blanc. C'est la plus importante zone de nidification d'Afrique du nord. C'est une zone humide d'importance internationale inscrite sur la liste RAMSAR et une réserve intégrale du parc national d'El Kala.

Le lac Tonga est a l'origine, avant les tentatives d'assèchements entreprises des la fin du XIX siècle, le réceptacle des eaux de deux importants cours d'eau, l'oued El Hout dont le réseau hydrographique s'étend au sud puis a l'Est et l'oued El Eurg qui draine le Nord-Est. Son émissaire est un canal aménagé pour drainer les eaux du lac vers la mer. Il ne reçoit plus aujourd'hui les eaux de l'oued El Eurg. Le plan d'eau du lac joue un rôle important dans la maîtrise des crues en période hivernale, comme il retient les sédiments arrachés en amont qui participent à son comblement.

Le bassin versant du lac Tonga, situe à l'extrême Est de la wilaya ou il fait frontière avec la Tunisie, s'étend sur 16 390 ha ; Son altitude moyenne est comprise entre 10 et 550 m. Elle croit d'Est en Ouest elle culmine a 562 m à Kef El Hammam. Son plan d'eau de 2300 ha, correspond à 12% de l'ensemble ; il est le réceptacle de deux oueds qui ont édifié les cônes de déjection qui forment les plaines de Oued El Hout (225 ha) et de Om Teboul 200 ha).

Le lac Tonga est alimenté par de nombreux affluents dont les plus importants sont : Oued El Hout et Oued El Eurg. Le lac reçoit également les eaux souterraines des nappes

dans les terrains qui le bordent tout autour. C'est à ce flux souterrain que l'on doit l'échec des tentatives d'assèchements.

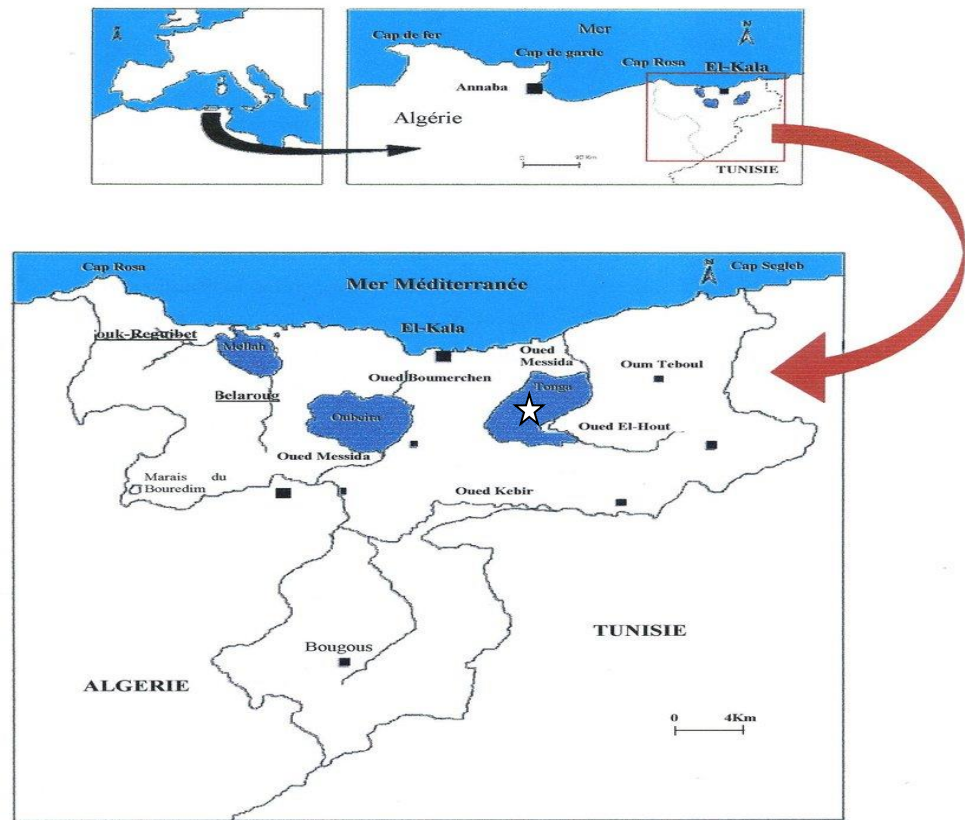


Figure 1: Position géographique du Parc national d'El Kala. (Lac Tonga★)

II.2. Echantillonnage

II.2.1 Matériel utilisé

- ✚ Un filet à plancton;
- ✚ Une corde;
- ✚ Un flacon de 100 ml;
- ✚ Formol;
- ✚ pipette graduée;
- ✚ Loupe binoculaire.

II.2.2.Prélèvement du zooplancton

Les prélèvements sont réalisés à l'aide d'un filet à plancton présentant une ouverture de 25 cm de diamètre et une longueur de 1 m. Confectionné à partir d'une toile de soie à bluter dont les mailles rondes ont un diamètre de 20 μm (**M. Lamotte et F. Bourlière, 1971**).

Avant de procéder à chaque échantillonnage, le filet a été rincé avec l'eau du lac afin d'en déloger toute matière qui pourrait s'y trouver. Puis en plonger le filet, en assurant que le robinet est bien fermé, jusqu'au fond sans en toucher le substrat, pour éviter de mettre en suspension les sédiments, et réaliser un trait de filet depuis le fond jusqu'à la surface en remontant le filet lentement, jusqu'à filtration d'un volume total de 100 ml d'eau.

Les échantillons ont été ensuite fixés avec quelques gouttes du formol à 5%, et à la fin de chaque échantillonnage, le filet et le collecteur ont été rincés avec l'eau du lac avant de passer à l'autre site d'échantillonnage.

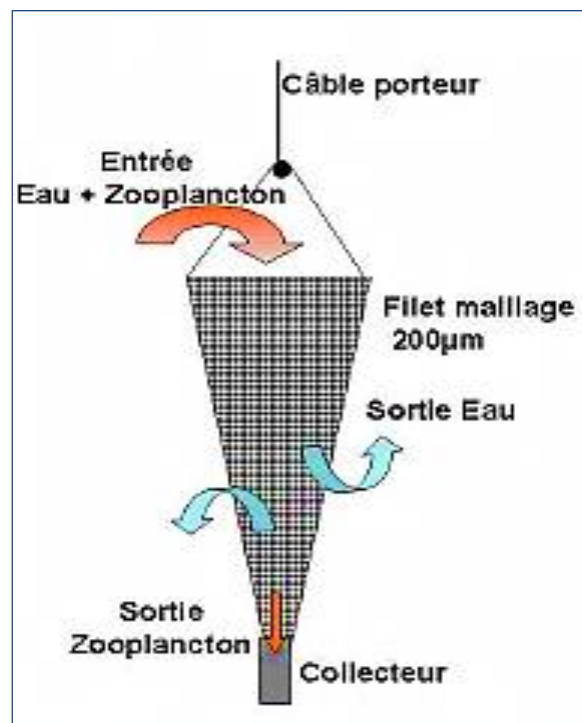


Figure 2: Schéma d'un filet à plancton

II. 3. Identification et dénombrement du zooplancton :

Le comptage et l'identification du zooplancton est effectué sous loupe binoculaire, a un grossissement de Gx200, le passage au Gx400 était nécessaire pour identifier les différentes espèces.

L'identification des espèces zooplanctoniques est effectuée à l'aide de clés et d'ouvrages d'identification de:

- + *Dussart (1980) ;*
- + *Pourriot et Francez (1986);*
- + *Draft Zooplankton Guide; Identification Handbook of Freshwater Zooplankton (2015);*
- + *Practical Guide to Identifying Freshwater Crustacean Zooplankton (2004);*
- + *an image based key to identify zooplankton of North America (2013).*

L'étude quantitative du zooplancton a été faite sur un prélèvement de 0,5 ml d'échantillon bien homogénéisé, avec cinq (05) répétitions (soit au total 2,5 ml de chaque échantillon). l'équation des calculs utiliser est :

(Agadjihouede et al., 2010)

$$[D = (n/v1) \times (v2/v3)]$$

D= la densité

n = nombre d'individus comptés,

v1= volume du filtrat prélevé (5 ml),

v2= volume du filtrat concentré (250 ml)

v3= volume d'eau filtrée (50 L).

III. Résultats et discussion

III.1. Etude Qualitative du zooplancton

III.1.1. Diversité Spécifique

La diversité spécifique montre une légère prédominance des rotifères avec 39% (5 espèces) suivi des copépodes avec 38% quand aux cladocères ils ne présentent que 23% soit 3 espèces. (fig.3)

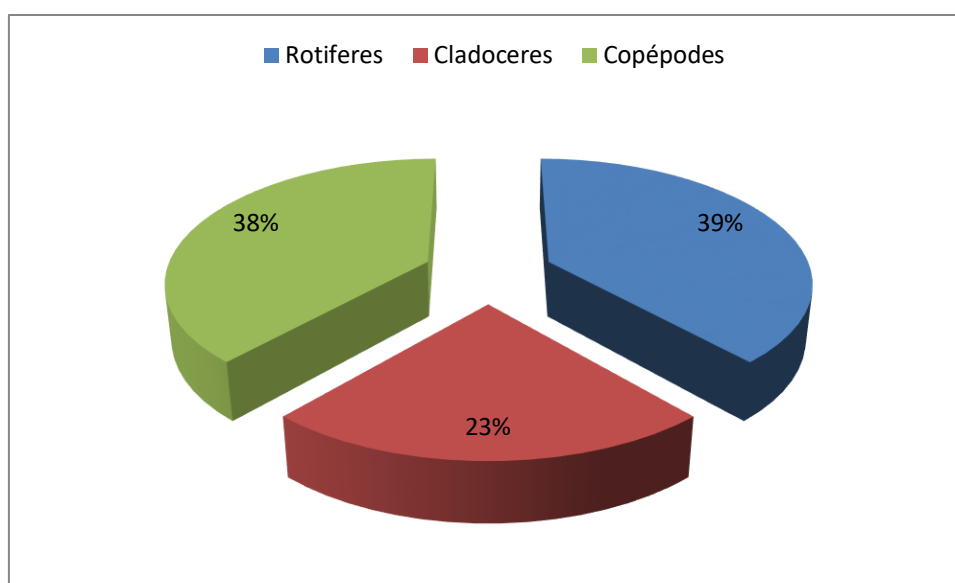


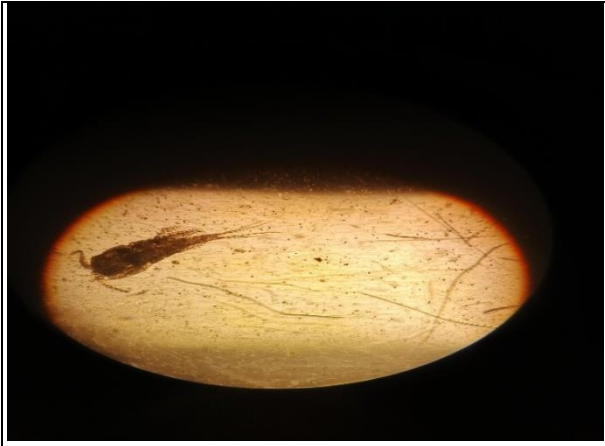
Figure 3: Diversité spécifique du zooplancton du lac Tonga

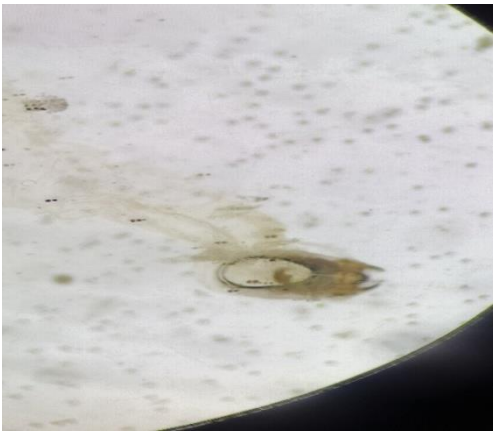
La dominance des rotifères est fréquemment observée dans les écosystèmes d'eau douce peu profonds soumis à des fluctuations environnementales importantes et à des niveaux de trophie modérés à élevés. Les rotifères possèdent des cycles de vie courts, des taux de reproduction élevés et une grande plasticité écologique, leur permettant de coloniser rapidement les milieux aquatiques et de répondre efficacement aux variations des conditions environnementales (Sládeček, 1983 ; Segers, 2008).

La faible richesse spécifique des cladocères pourrait être liée à la pression de prédation exercée par les poissons planctonophages, particulièrement dans les zones humides peu profondes où les interactions trophiques sont intenses (Brooks et Dodson, 1965). De plus, les caractéristiques physico-chimiques du milieu, notamment les variations saisonnières de température et la disponibilité des ressources alimentaires, influencent fortement la composition spécifique des communautés zooplanctoniques (Lampert et Sommer, 2007).

Ces résultats concordent avec ceux obtenus dans plusieurs plans d'eau méditerranéens et africains où les rotifères dominent généralement les assemblages zooplanctoniques en termes de richesse spécifique (Kagalou et al., 2010 ; Onana et al., 2014).

III.1.2. Identification des espèces inventoriées

	
<i>Diacyclops bicuspidatus</i> (Gx10)	<i>Diacyclops thomasi</i> (Gx10)
	
<i>kartella quadrata.</i> (Gx10)	<i>polyarthra sp</i> (Gx10)

	
<i>Kartella tropica</i> (Gx10)	<i>Bosmina longirostris</i> (Gx10)
	
<i>Cerodaphania sp</i> (Gx10)	<i>Simocephalus sp</i> (Gx10)

III.2. Etude quantitative

III.2.1. Distribution Temporelle du zooplancton

La figure 4 montre que c'est en avril que la communauté zooplanctonique du lac Tonga est la plus importante avec 100000ind/m³ ; Par ailleurs les densités les plus faibles sont notées en mois de mai ne dépassant pas 8040 ind/ m³.

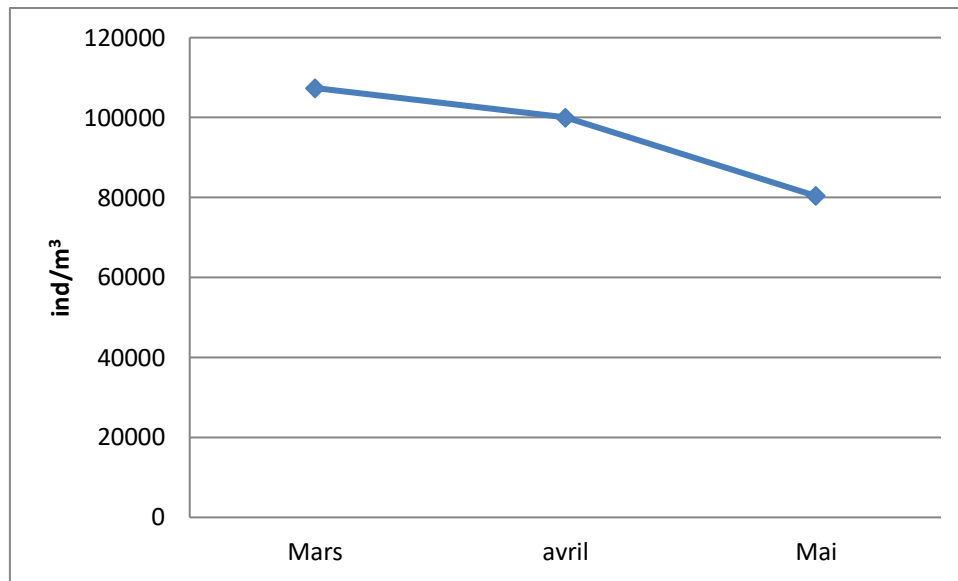


Figure 4: Densité Globale moyenne du zooplancton du lac Tonga

Les densités zooplanctoniques les plus élevées ont été enregistrées en avril, tandis qu'une diminution a été observée au mois de mai. Cette dynamique saisonnière est typique des écosystèmes tempérés, où l'augmentation des températures printanières favorise le développement du phytoplancton, principale ressource alimentaire du zooplancton (Sommer et al., 1986).

Selon le modèle PEG (« Plankton Ecology Group »), la succession saisonnière du plancton est étroitement liée aux interactions entre les facteurs abiotiques (température, lumière, disponibilité en nutriments) et les facteurs biotiques (prédation, compétition) (Sommer et al., 1986). Le pic observé en avril pourrait ainsi correspondre à une période d'abondance des ressources trophiques associée à des conditions environnementales optimales.

La baisse des densités en mai pourrait résulter d'une intensification de la prédation par les larves de poissons, d'une diminution des ressources alimentaires disponibles ou d'une compétition accrue entre les espèces zooplanctoniques (Jeppesen et al., 2011).

II.2.2. Densité par classe zooplanctonique

L'inventaire de la communauté zooplanctonique du lac Tonga montre que les rotifères dominent cette distribution enregistrant les densités les plus importantes en mois de mars avec 78000 ind/ m³ est les plus basses en mai ne dépassant pas 50 000 ind/ m³. (fig.5)

Quand aux copépodes ils marquent les taux les plus important en avril de l'ordre de 35 000 ind/ m³ et des taux moyens de 23 000 ind/m³ pour les mois de mars et mai

Les cladocères sont le moins représenté dans le milieu avec des seuils inférieurs a 7000ind/ m³.

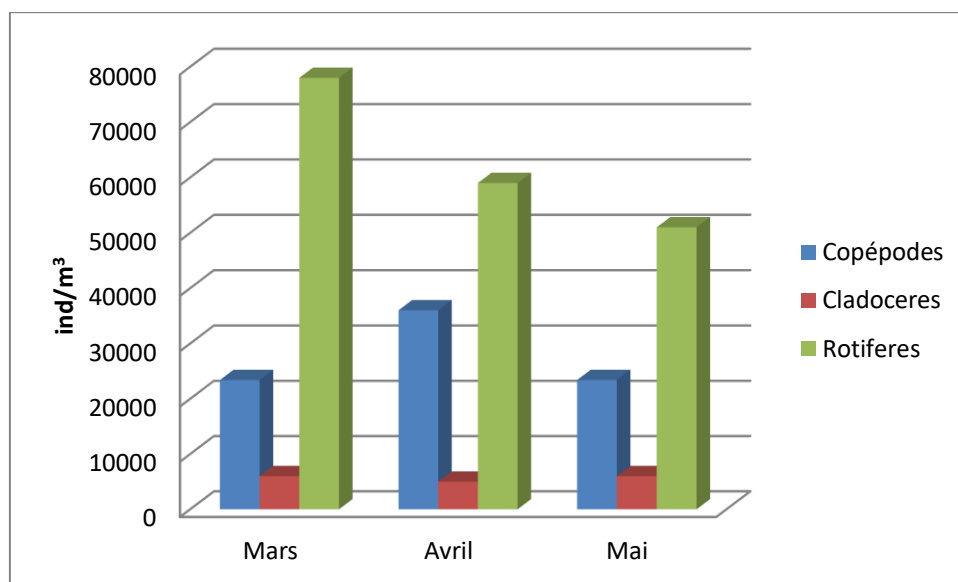


Figure 5: Densité moyenne par classe zooplanctonique

La dominance des rotifères au cours du printemps témoigne de leur forte capacité d'adaptation aux variations environnementales. Grâce à leur reproduction rapide, souvent par parthénogenèse, ils sont capables d'exploiter rapidement les ressources disponibles (Wallace et Snell, 2010).

La diminution progressive des rotifères observée entre mars et mai pourrait être attribuée à une compétition accrue avec les copépodes et les cladocères, ainsi qu'à une augmentation de la pression de prédation exercée par les stades juvéniles des poissons (Arndt, 1993). De plus, certaines espèces de rotifères présentent une tolérance élevée aux conditions eutrophes et aux enrichissements organiques (Sládeček, 1983).

Les copépodes ont montré une augmentation de leur abondance en avril, traduisant probablement leur réponse aux conditions favorables de température et à la disponibilité des ressources alimentaires. Les copépodes présentent généralement des temps de génération plus longs que les rotifères, expliquant leur développement plus tardif au cours de la saison (Williamson et Reid, 2001).

Les cladocères sont restés faiblement représentés durant toute la période d'étude. Cette faible abondance pourrait être liée à leur sensibilité à la prédation sélective par les poissons planctonophages, les grandes espèces étant généralement plus vulnérables (Brooks et Dodson, 1965).

III. 2.3. Distribution temporelle des espèces zooplanctoniques

III.2.3.1. Rotifères

Ce groupe zooplanctonique présente une plus grande diversité (5 espèces) et une tendance globale à la baisse au fil des mois.

C'est le mois de mars où la densité globale de toutes les espèces est la plus élevée. Ce groupe est Dominé de *Plationus patulus* atteignant son pic le plus haut à environ 20 000 ind/m³ ; une forte présence de l'espèce *Polyarthra major* la suit de près avec environ 18 000 ind/m³. Toute fois, l'effectif le plus bas est celui de *Keratella quadrata* enregistrant la valeur minimale avec 9 000 ind/m³.

En mois d'avril et Mai on observe une baisse d'effectif chez presque toutes les espèces par rapport au mois de mars. (fig.6)

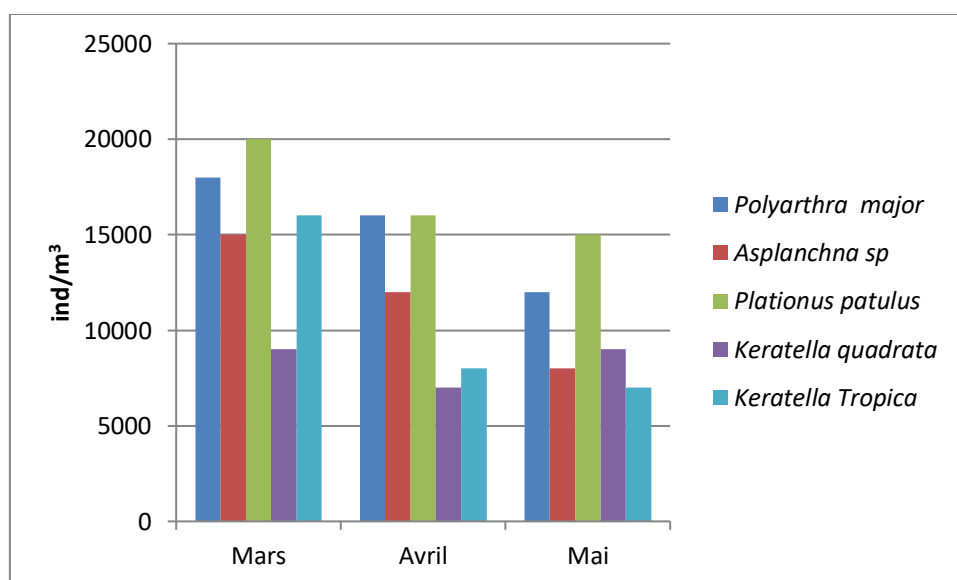


Figure 6 : distribution temporelle des espèces de rotifères

Les rotifères ont présenté leur abondance maximale au mois de mars, dominés principalement par *Plationus patulus* et *Polyarthra major*. Le genre *Polyarthra* est fréquemment associé aux

eaux eutrophes et mésotrophes et possède une grande capacité d'adaptation aux fluctuations environnementales (Haberman et Haldna, 2014).

La persistance de *Platyonus patulus* durant toute la période d'étude suggère une large amplitude écologique et une bonne tolérance aux variations des paramètres physico-chimiques. Des résultats similaires ont été rapportés dans des lacs soumis à des perturbations saisonnières marquées (Segers, 2008).

La diminution progressive des effectifs des rotifères vers la fin du printemps pourrait être liée à une compétition interspécifique accrue ainsi qu'à une prédation plus importante exercée par les invertébrés et les poissons (Wallace et Snell, 2010).

III.2.3.2. Les cladocères

La figure7 illustre la distribution temporelle des espèces de cladocères sur les mois de mars, avril et mai.

En mois de mars l'espèce *Bosmina longirostris* domine la classe des cladocères et qui atteint son maximum de 3 000 ind/m³. En avril *Simocephalus exspinosus* est l'espèce la plus dominante présentant 3 000 ind/m³. Par ailleurs, une dominance absolue de *Ceriodaphnia sp* est notée en mois de mai relevant 4000 ind/m³.

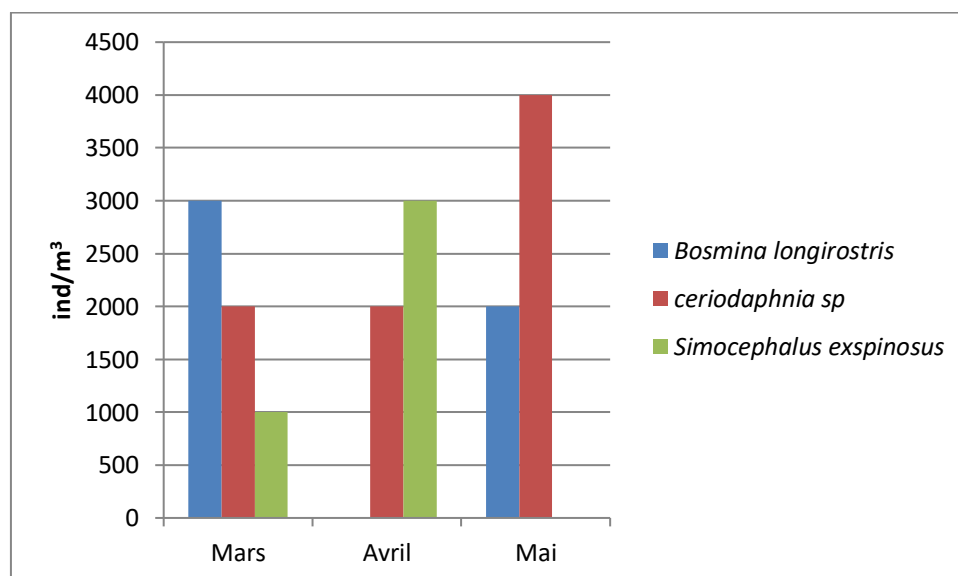


Figure7 : distribution temporelle des espèces de cladocères

L'alternance de dominance observée entre *Bosmina longirostris*, *Simocephalus exspinosus* et *Ceriodaphnia* sp. traduit une succession saisonnière influencée par les modifications des conditions environnementales.

Bosmina longirostris est généralement considérée comme une espèce caractéristique des milieux eutrophes et capable de résister à une forte pression de prédation (De Melo et al., 2019). La dominance de *Ceriodaphnia* sp. en mai pourrait refléter une meilleure adaptation aux températures plus élevées et aux modifications des ressources trophiques disponibles.

Les cladocères étant fortement dépendants de la qualité et de la quantité du phytoplancton, leur dynamique est étroitement liée aux fluctuations des producteurs primaires et aux interactions trophiques (Lampert, 2011).

III.2.3.3. Les copépodes

L'espèce *Diacyclops bicuspidatus* connaît un pic spectaculaire et une dominance absolue en mois de mai dépassant les 80 000 ind/l. En mars et avril la distribution spécifique montre des densités faibles (12 000 ind/l) mais équilibrées avec une présence relative des formes larvaires (Copépodes Nauplius). (fig.8)

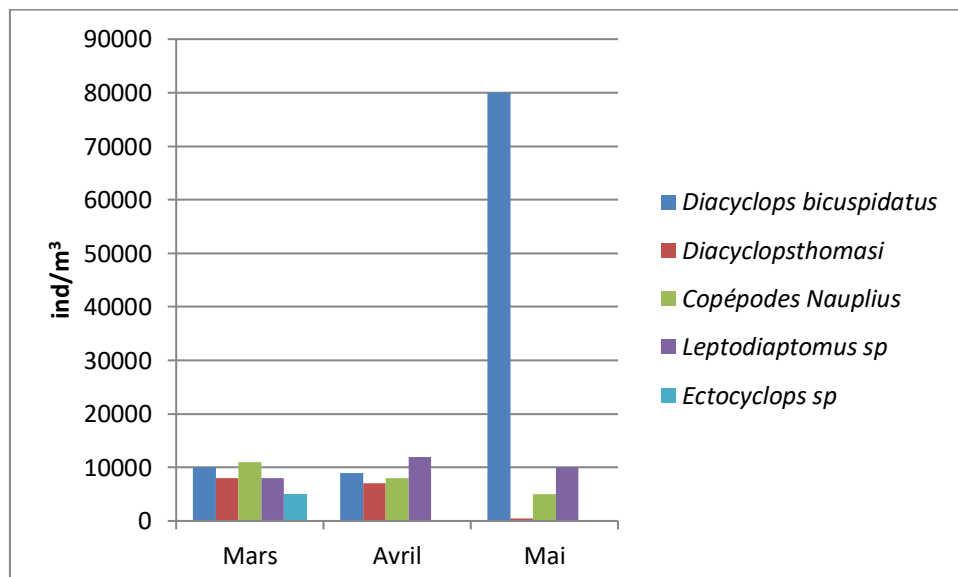


Figure 8: distribution temporelle des espèces de copépodes

La prolifération spectaculaire de *Diacyclops bicuspidatus* au mois de mai suggère que cette espèce bénéficie particulièrement des conditions environnementales prévalant en fin de printemps. Les espèces du genre *Diacyclops* présentent une grande capacité d'adaptation écologique et peuvent rapidement coloniser les milieux riches en ressources alimentaires (Dussart et Defaye, 2006).

L'augmentation des températures, la disponibilité des proies et une éventuelle réduction de la pression de prédation pourraient expliquer cette dominance temporaire. La présence simultanée des stades naupliens indique également une activité reproductive importante de la population à cette période (Williamson et Reid, 2001).

Des proliférations similaires de copépodes cyclopoïdes ont été rapportées dans plusieurs écosystèmes lacustres eutrophes d'Afrique du Nord (Samraoui et al., 1998).

Les espèces zooplanctoniques identifiées dans le lac Tonga présentent un intérêt potentiel pour l'aquaculture. Les rotifères, les cladocères et les copépodes constituent des proies vivantes de haute valeur nutritionnelle utilisées pour l'alimentation des larves de poissons (Lubzens et al., 2001).

Leur cycle de reproduction rapide et leur capacité de production massive constituent des atouts majeurs pour leur utilisation en pisciculture. Agadjihouédé et al. (2011) ont montré que plusieurs espèces zooplanctoniques locales peuvent être élevées efficacement à partir de fertilisants organiques simples, offrant ainsi une alternative durable à l'utilisation d'*Artemia*.

Les résultats obtenus suggèrent que certaines espèces présentes dans le lac Tonga pourraient être valorisées dans le développement de systèmes aquacoles locaux adaptés aux conditions régionales.

IV. Conclusion

Cette étude a permis d'apporter une contribution à la connaissance des communautés zooplanctoniques du lac Tonga, zone humide d'importance écologique majeure située dans le Parc National d'El Kala. L'analyse qualitative a mis en évidence une diversité zooplanctonique composée principalement de rotifères, de copépodes et de cladocères, avec une légère prédominance des rotifères en termes de richesse spécifique. Cette composition reflète la capacité d'adaptation des communautés zooplanctoniques aux conditions environnementales particulières du lac.

L'étude quantitative a révélé des variations temporelles importantes des densités zooplanctoniques au cours de la période printanière. Les densités les plus élevées ont été enregistrées au mois d'avril, suggérant l'existence de conditions favorables au développement du zooplancton, notamment l'augmentation de la température et la disponibilité accrue des ressources trophiques. La diminution observée en fin de période pourrait être liée à l'action combinée de facteurs biotiques, tels que la prédation et la compétition interspécifique, ainsi qu'à l'évolution des conditions physico-chimiques du milieu.

Les rotifères ont constitué le groupe dominant en abondance, confirmant leur rôle important dans les réseaux trophiques des écosystèmes aquatiques continentaux et leur capacité à répondre rapidement aux fluctuations environnementales. Les cladocères ont présenté une faible représentation, probablement sous l'influence de la prédation et des variations saisonnières des ressources alimentaires. Quant aux copépodes, leur forte prolifération, notamment celle de *Diacyclops bicuspidatus* au mois de mai, témoigne de leur aptitude à exploiter efficacement les conditions environnementales favorables.

L'ensemble de ces résultats confirme l'intérêt du zooplancton comme outil de biosurveillance et indicateur de l'état écologique des milieux aquatiques. La structure et la dynamique des peuplements zooplanctoniques du lac Tonga reflètent les interactions complexes entre les facteurs abiotiques et biotiques qui régissent le fonctionnement de cet écosystème lacustre.

Par ailleurs, certaines espèces recensées présentent un potentiel d'utilisation en aquaculture comme proies vivantes destinées à l'alimentation larvaire des poissons, ouvrant ainsi des perspectives de valorisation économique des ressources biologiques locales.

Enfin, cette étude constitue une base de données essentielle pour le suivi écologique du lac Tonga. Toutefois, afin d'obtenir une compréhension plus approfondie du fonctionnement de cet écosystème, il serait souhaitable d'étendre les investigations sur une période annuelle complète et d'intégrer l'analyse des paramètres physico-chimiques, du phytoplancton et des interactions trophiques. Une telle approche permettrait de mieux appréhender les mécanismes qui influencent la dynamique des communautés zooplanctoniques et de contribuer à la mise en place de stratégies efficaces de gestion et de conservation de cette zone humide d'importance internationale.

Perspectives

- Réaliser un suivi saisonnier couvrant l'ensemble du cycle annuel ;
- Étudier les relations entre le zooplancton et les paramètres physico-chimiques de l'eau ;
- Évaluer les interactions trophiques entre phytoplancton, zooplancton et communautés piscicoles ;
- Explorer le potentiel aquacole des espèces zooplanctoniques locales ;
- Utiliser les communautés zooplanctoniques comme bioindicateurs dans les programmes de surveillance écologique du lac Tonga.

V. Références bibliographiques

- ** -ADANDEDJAN, J. APPL. BIOSCI., 2017** — Données préliminaires sur la diversité du zooplancton du lac Nokoué (Sud-Bénin)
- ** -AMOROS. C, 1984** — Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises (5) p73.
- ** -ARNDT H, 1993** — Rotifers as predators on components of the microbial web (bacteria, heterotrophic flagellates, ciliates) - a review. *Hydrobiologia*, 255/256, 231-246.
- ** -BALVAY. G, 2009** — La biodiversité du zooplancton d'eau douce en Haute-Savoie et en France.
- ** -BALVAY. G, 2010** — Biodiversité du zooplancton d'eau douce. In: Bulletin mensuel de la Société linnéenne de Lyon, hors-série numéro 2. Évaluation de la biodiversité rhônalpine. pp. 86-90.
- ** -BANSE. K, 1995** — Zooplankton: Pivotal role in the control of ocean production. *ICES J. mar. Sci.*, 52: 265-277.
- ** -BEAUGRAND. G, REID, P.C, IBANEZ. F, LINDLEY. A, AND EDWARDS M., 2002** — Reorganization of North Atlantic Marine Copepod Biodiversity and Climate. *Science*, 296, 1692-4.
- ** -BEAUGRAND. G, BRANDER. K.M, LINDLEY. J.A, SOUISSI. S, AND REID. P.C., 2003** — Plankton affect on cod recruitment in the North Sea. *Nature*, 426, 1939-1956.
- ** -BOUGIS. P, 1974** — Écologie du plancton marin. II - Le zooplancton. Masson et Cie, Paris, 200p.
- ** -Brooks, J.L., & Dodson, S.I. (1965)** — Predation, body size, and composition of plankton. **Science**, 150, 28-35.
- ** -Carpenter, S.R., Kitchell, J.F. & Hodgson, J.R. (1985)** — Cascading trophic interactions and lake productivity. **BioScience**, 35(10), 634-639.
- ** -Département du Génie rural, Eaux et Forêts** (Faculté d'Agronomie, BP 10960, Université Abdou Moumouni Dioffo, Niamey, Niger) — [pas d'année ni titre explicite]

** -DIOP. S, REKACEWICZ. P, 2003** — Atlas mondial de l'eau : une pénurie annoncée. Paris. Ed. Autrement. 63p.

** -Dodson, S.I. & Frey, D.G. (2001)** — Cladocera and other Branchiopoda. In: Thorp, J.H. & Covich, A.G. (Eds.), *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates* (2nd ed.). Academic Press, pp. 849-913.

** -DRIRA. Z, 2009** — Contribution à la compréhension du fonctionnement du Golfe de Gabès : Étude des caractéristiques dynamiques et structurales des communautés phyto-zooplanctoniques... Thèse de doctorat, Université du Sfax.

** -ELGMORK K., HALVORSEN G., 1998** — Intraspecific morphological variation in a freshwater copepod (Crustacea) in relation to geographic distribution and environment. Canadian Journal of Zoology, 76, 751-762.

** -Fatma birem, 2020** — Synthèse bibliographique sur le comportement du chêne liège (*Quercus suber* L.) après incendie et ses problèmes de régénération.

** -FERNANDEZ-ROSADO, M. J. ET J. LUCENA, 2001** — Space-time heterogeneities of the zooplankton distribution in La Concepcion reservoir (Istan, Malaga; Spain). Hydrobiologia, 455, 157-170.

** -FROMENTIN, J.M. AND PLANQUE, B., 1996** — Calanus and environment in the eastern North Atlantic. II. Influence of the North Atlantic Oscillation on *C. finmarchicus* and *C. helgolandicus*. Mar Ecol Prog Ser, 134, 111-118.

** -Gannon, J.E. & Stemberger, R.S. (1978)** — Zooplankton (especially crustaceans and rotifers) as indicators of water quality. *Transactions of the American Microscopical Society*, 97(1), 16-35.

** -HARRIS. R.P, WIEBE. P.H, LENZ. J, SKJODAL, H.R. & HEPTNER MV, IVANENKO VN., 2002** — Copepoda (Crustacea) of hydrothermal ecosystems of the World Ocean. Arthropoda Selecta, 11, 117-134.

** -HEERKLOSS R., BRENNING U., RING M., 1990** — Secondary production of calanoids (Copepoda, Crustacea) in Brackish waters. Limnology and Oceanography, 20: 65-69.

** -HUNTLEY. M., 2000** — ICES zooplankton methodology manual. Academic Press, San Diego.

** -HUYS. R, BOXSHALL GA., 1991** — Copepod Evolution. The Ray Society, London. 468p.

- ** -JACQUES. G, 2006** — Écologie du plancton. TEC & DOC éd.
- ** -JEAN-FRANÇOIS, COROLLA JEAN-PIERRE, NOËL PIERRE, KUPFER MICHE, 2016** — Cladocera eau douce Latreille. <http://doris.ffessm.fr/ref/specie/2838>
- ** -Jeppesen, E., Nørges, P., Davidson, T.A., et al. (2011)** — Zooplankton as indicators in lakes: a scientific-based plea for including zooplankton in the ecological quality assessment of lakes according to the European Water Framework Directive (WFD). **Hydrobiologia**, 676, 279-297.
- ** -JUDSON O.P. & NORMARK B.B, 1996** — Ancient asexual scandals. **Trends Ecol. Evol.**, 11, p41-46.
- ** -Kagalou, I., Papastergiadou, E., Leonardos, I. & Petridis, D. (2010)** — Assessment of the ecological quality of lakes using zooplankton community indicators. **Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems**, 398, 01.
- ** -KIRK K.L. & GILBERT J.J, 1990** — Suspended clay and the population-dynamics of planktonic rotifers and cladocerans. **Ecology**, 71, p1741-1755.
- ** -Lampert, W. & Sommer, U. (2007)** — **Limnoecology: The Ecology of Lakes and Streams** (2nd ed.). Oxford University Press.
- ** -Marc Côte, 1996** — Guide d'Algérie : paysages et patrimoine, Algérie, Média-Plus.
- ** -MASSON, S., B. PINEL-ALLOUL & P. DUTILLEUL, 2004** — Spatial heterogeneity of zooplankton biomass and size structure in southern Québec lakes... *Journal of plankton research*, 26: 1441-1458.
- ** -Mohamed Ali Bouzidi** (Laboratoire de Biodiversité végétale, Université Djillali Liabès, Algérie) — [pas d'année ni titre explicite]
- ** -MOLLO. P, NAURY. A, 2013** — Manuel du plancton, Charles Léopold Mayer éd. Paris. p15-45, p101.
- ** -NKWOJI. JA, ONYEMA. IC & IGBO. JK, 2010** — Wet season spatial occurrence of phytoplankton and zooplankton. *Science World Journal*, 5(2): 7-14.
- ** -NOWACZYK. A, 2011** — Communautés métazooplanctoniques de la zone épipélagique de deux environnements contrastés... Thèse de doctorat, Université de la Méditerranée. 195 pp.

- ** -NYBAKKEN. JW, 2001** — Plankton and Plankton Community. In: Marine biology: an ecological approach, 5th ed. pp. 38-93.
- ** -O'BRYEN PJ., LEE. CS, 2005** — Culture of copepods and applications to marine finfish larval rearing workshop discussion summary. In: Copepods in Aquaculture, pp. 245-253.
- ** -ONANA. FM, ZEBAZE. TOGOUET. SH, NYAMSI TCHATCHO. NL, DOMCHE TEHAM. HB & NGASSAM P, 2014** — Distribution spatio-temporelle du zooplancton en relation avec les facteurs abiotiques dans un hydrosystème urbain : le ruisseau Kondi (Douala, Cameroun). J. Appl. Biosci., 82: 7326-7338.
- ** -P Pech, I Diaf – Teoros, 2022** — Revue de recherche en tourisme.
- ** -PENNACK. R. W, 1978** — Fresh-water Invertebrates of the United States. New York: John Wiley & Sons, 803 p.
- ** -POURRIOT. R, BENEST. D, CHAMP P, ROUGIER. C., 1982** — Influence de quelques facteurs du milieu sur la composition et la dynamique saisonnière du zooplancton de la Loire. Acta Œcologica, vol. 3, p. 353-371.
- ** -Richardson, A.J. (2008)** — In hot water: zooplankton and climate change. *ICES Journal of Marine Science*, 65(3), 279-295.
- ** -ROSSI .N, 2008** — Écologie des communautés planctoniques méditerranéennes et étude des métaux lourds... Thèse de Doctorat, Université du Sud Toulon-Var. 217 p.
- ** -Sládeček, V. (1983)** — Rotifers as indicators of water quality. *Hydrobiologia*, 100, 169-201.
- ** -Sommer, U., Gliwicz, Z.M., Lampert, W. & Duncan, A. (1986)** — The PEG-model of seasonal succession of planktonic events in fresh waters. *Archiv für Hydrobiologie*, 106, 433-471.
- ** -TODD, C.-D, LAVERAK. M.S, & BOXSHALL, G.A, 1996** — Coastal Marine Zooplankton. Ed. Cambridge Univ. Press, 2ème ed. 106p.
- ** -UNESCO–WWAP, 2003** — Rapport mondial sur la mise en valeur des ressources en eau. Programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau. Ed. UNESCO. 36 p.

** -WALLACE R.L. & SNELL T.W, 2010** — Rotifera. In: Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates. (Eds J. Thorp), pp. 173-235. Academic Press.

** -WELLS. PG, 1984** — Marine ecotoxicological tests with zooplankton.

** -Wetzel, R.G. (2001)** — *Limnology: Lake and River Ecosystems* (3rd ed.). Academic Press, San Diego.

** -Williamson, C.E., & Reid, J.W. (2001)** — Copepoda. In: *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates*. Academic Press.

** -YANNIK. SPINEUX, 2008** — Le zooplancton des eaux douces de nos régions.

###Sites web

-<http://www.dfo-mpo.gc.ca>

-<http://univ-lille1.fr>

-<https://journals.openedition.org>

-<https://en.unesco.org/biosphere/arab-states/el-kala>