

## Hydroécologie

# PREMIÈRE CONTRIBUTION À L'ÉTUDE DU ZOOPLANCTON DU MARAIS DE LA MEKHADA DANS LA RÉGION D'EL TARF (NORD-EST DE L'ALGÉRIE)

par

Sarra GUERFI<sup>1</sup>, Aicha TADJINE<sup>1</sup>, Claude BOUTIN<sup>2</sup>

L'étude de la variation spatio-temporelle de la densité et de l'abondance relative des principaux groupes de la communauté zoo-planctonique (Copépodes, Cladocères et Rotifères), ainsi que des Ostracodes, ont été menées, en relation avec les valeurs des principaux facteurs abiotiques, pendant une période de six mois, allant de décembre 2015 à mai 2016, dans quatre stations de la Mékhada, une zone de marais située entre Annaba et El Tarf, au Nord-Est de l'Algérie. Les facteurs abiotiques tels que la température, le pH, et la conductivité de l'eau ont été mesurés *in situ*, alors que la concentration des ions ammonium, nitrites et nitrates, celle des phosphates et des sulfates, ainsi que la teneur de l'eau en matières organiques ont été mesurées au laboratoire. Les échantillons d'eau, destinés à l'analyse qualitative et quantitative du zooplancton, ont été recueillis par trajets verticaux dans toute la colonne d'eau en utilisant un filet à plancton de 20  $\mu\text{m}$  de vide de mailles. L'analyse des variables abiotiques a montré qu'il existe des différences significatives entre les stations, la station S4 par exemple étant caractérisée par une conductivité nettement plus élevée que celle des autres stations en raison de la salinité de l'eau.

L'étude des quatre principaux groupes zoologiques a également permis de mettre en évidence des différences notables entre les peuplements des quatre stations. Ainsi les Copépodes, partout présents en nombre, dominant dans les stations S3 et S4 pendant la saison humide et dominant également à la station S1 pendant la saison sèche. Les Cladocères, également nombreux, dominant nettement à la station S2 pendant la période

---

1. Université Chadli Benjedid, Laboratoire d'Écologie fonctionnelle et évolutive - Faculté des sciences de la nature et de la vie, BP 73, El Tarf 36000, Algérie.

2. Université Paul Sabatier Toulouse III, Laboratoire Écologie Fonctionnelle et Environnement (ÉCOLAB), UMR n° 5245 (CNRS-UPS-INPT), Bât. 4R1, 118, route de Narbonne, 31062 Toulouse Cedex 04 (France). Nouvelle adresse : 48, rue Mouffetard, F-75005 Paris (France).

\* E-mail corresponding Author : sarra.guerfi@yahoo.com.

### Bulletin de la Société zoologique de France 143 (4)

humide et dans les trois stations S2, S3 et S4 durant la saison sèche. Les Rotifères occupent la troisième place dans toutes les stations, parfois avec un pourcentage très élevé, notamment à la station S1, pendant la saison humide. Nous observons aussi qu'une forte densité des Rotifères durant les deux saisons semble corrélée avec une plus faible densité des Cladocères. Enfin, les Ostracodes sont toujours présents dans l'ensemble des prélèvements, mais avec des effectifs relativement faibles et ne constituent qu'une faible proportion de l'abondance totale des récoltes effectuées au cours des deux saisons.

Les premiers résultats de cette étude suggèrent qu'il doit être possible, dans le futur, d'utiliser les variations de densité de ces groupes d'organismes (et de leur abondance relative) pour détecter une éventuelle modification de la qualité physico-chimique de l'eau (qui conditionne la structure de la biocénose) et ainsi de mettre en évidence d'éventuels changements environnementaux pouvant affecter non seulement le marais, mais aussi l'eau des oueds qui coulent dans la plaine côtière et alimentent la Mékhada.

En effet, « la biodiversité du zooplancton (dulçaquicole) n'est pas une donnée immuable » car « la structure de la biocénose évolue avec les modifications de la qualité des eaux... » (BALAVAY, 2010).

**Mots-clés** : Algérie, Marais de la Mékhada, zooplancton, descripteurs physico-chimiques de l'eau.

#### First contribution to the study of the zooplankton of the Mekhada marsh in the region of El Tarf (North-Eastern Algeria)

A study of the density and relative abundance of the main groups of zooplankton (Copepoda, Cladocera and Rotifera) and of Ostracoda was performed in relation to abiotic factors for a period of six months (December 2015 to May 2016), at four sampling stations, along the southern shore of the Mekhada marsh, an important swamp located close to the Mediterranean shore, between the towns of Annaba and El Tarf (North-Eastern Algeria).

Abiotic factors like water temperature, pH and electric conductivity were measured *in situ*, while the values of ammonium, nitrites, nitrates, orthophosphates, sulphates, BOD5, COD and organic matter in the water were evaluated just after the arrival of samples at the laboratory. The faunal samples used for qualitative and quantitative analysis of zooplankton were collected vertically through the entire water column, using a 20  $\mu$ m mesh plankton net. The analysis of chemical water variables indicates that there are significant differences between the physicochemical characteristics of water from the four stations. For example, station S4 is characterized by a high conductivity compared to the three other stations, due to the water salinity.

The sorting and counting of individuals belonging to the four principal zoological groups in the samples demonstrated appreciable faunistic differences between the stations, and between seasons. For example, copepods are dominant in stations S3 and S4 during the humid season and are also dominant at the station S1 during the dry season. They are followed by Cladocera, which clearly dominate at station S2 during the humid season and in the other three stations during the dry season. The rotifers are in third place at all stations, with a high density during the two seasons, which seem to be correlated with a decreasing in the population of Cladocera. Ostracoda are the fourth zoological group, always present in all samples but forming only a small part of the total sampled fauna.

The results of this study suggest that, in a water body like the Mekhada, it could be possible to use the variations of density and relative abundance of planktonic groups at different stations to estimate the importance of changes in water quality, both at Mekhada and more generally to the coastal plain around the marsh and the oueds feeding the Mekhada, allowing an assessment of environmental changes.

## Le zooplancton du marais de la Mekhada (région d'El Tarf)

As BALAVAY (2010) observed, "Biodiversity of the zooplankton (freshwater) is not an immutable given" because "the structure of the biocoenosis evolves with modifications of water quality"...

**Keywords:** Algeria, zooplankton, Mekhada marsh, water physicochemical variables.

### Introduction

L'Algérie abrite une gamme importante de zones humides très diversifiées, lacs, lagunes, marais, sebkhas (METALLAOUI & HOUHAMDI, 2008 ; METALLAOUI, 2010), qui font partie des ressources les plus précieuses aux plans de la diversité biologique et de la productivité naturelle. Ces zones jouent un rôle important dans les processus vitaux, entretenant des cycles hydrologiques et accueillant une flore importante, et aussi une faune diversifiée comportant toute une communauté zooplanctonique ainsi que des Poissons et des Oiseaux migrateurs (BOUMEZBEUR, 2002).

En effet, les indicateurs physico-chimiques de la qualité de l'eau sont souvent assujettis à des variations spatio-temporelles induites par les activités anthropiques ou parfois climatiques qui modifient les caractéristiques de l'eau et affectent sa qualité (KARROUCH & CHAHLAOUI, 2009) par le biais du zooplancton qui représente une forte biomasse et occupe une position pivot à la base ou au centre des réseaux trophiques. Ces organismes sont donc des acteurs-clés dans les interactions trophiques et d'importants médiateurs des flux d'énergie et de matière dans l'écosystème (LAMPERT *et al.*, 1986 ; ELSER *et al.*, 1988 ; STERNER, 2009). Le zooplancton est maintenant considéré comme un outil essentiel d'indicateur et de mesure de ces changements et d'analyse de l'évolution des zones côtières et des écosystèmes marins pélagiques (BEAUGRAND & REID, 2003 ; BEAUGRAND, 2005 ; RICHARDSON & SHOEMAN, 2004 ; HAYS *et al.*, 2005 ; LAVANIEGOS & OHMAN, 2007 ; GARCIA-COMAS *et al.*, 2011 ; KARSENTI *et al.*, 2011 ; BERLINE *et al.*, 2012).

Le présent travail concerne une zone humide continentale très proche de la côte, le Marais de la Mékhada et est basé sur des analyses physico-chimiques de l'eau et des analyses des caractéristiques du zooplancton (densité et abondance). Il contribue ainsi à la connaissance de l'écologie du marais en prenant en compte à la fois les principales variations saisonnières de certains paramètres hydrologiques et la structure globale du zooplancton, durant une période allant du mois de décembre 2015 au mois de mai 2016.

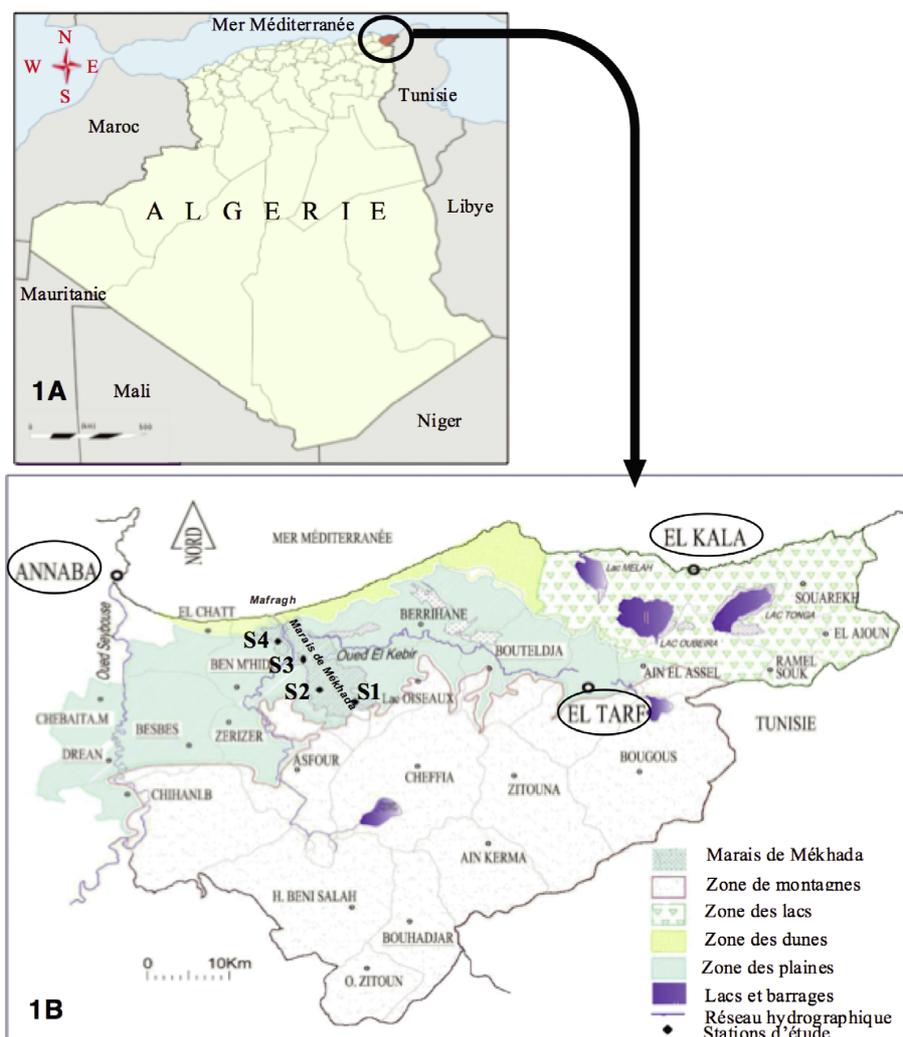
### Matériel et méthodes

#### Description du site d'étude

Le marais de la Mékhada se situe à environ 22 km à l'Est-Sud-Est de la ville d'Annaba et à environ 40 km à l'Ouest-Sud-Ouest de la ville d'El Kala (36° 48' N, 08° 00' E et altitude < 1 mètre). C'est un immense bassin marécageux, occupant la

**Bulletin de la Société zoologique de France 143 (4)**

partie centrale de la plaine de la Mafragh (Figure 1). Lieu de confluence de l'oued El Kébir et de l'oued Bou Namoussa, il est séparé de la mer par un cordon dunaire étroit (environ 2 km au niveau de l'embouchure de l'Oued El Kébir). D'une superficie moyenne de 8 900 hectares et d'une profondeur de 0,5 à 1 mètre qui varie en fonction de l'espace et de la saison, sa surface est recouverte à plus de 80 % d'une végétation émergente constituée principalement de Scirpes (KAMEL, 2008).



**Figure 1**

Situation géographique de la zone d'étude (1A) et localisation des quatre stations d'échantillonnage (1B) (d'après DEHABA & LABII, 2012, modifiée).

*Geographical location of the study area (1A) and locations of the four sampling stations (1B) (after DEHABA & LABII, 2012, modified).*

### Le zooplancton du marais de la Mekhada (région d'El Tarf)

C'est un bassin marécageux formé de dépôts Tertiaires et Quaternaires. Le Tertiaire est représenté par une formation argileuse, de type Numidien datée de l'Éocène supérieur. Les argiles numidiennes qui présentent une épaisseur importante, de l'ordre de 10 à 100 mètres, reposent sur des argiles superposées à des grès Numidiens. Le Quaternaire est représenté par un grès Numidien de quelques centimètres d'épaisseur seulement (D.G.F., 2003).

La région d'étude possède un climat méditerranéen de type sub-humide. Les précipitations moyennes sont supérieures à 670,6 mm, avec une température moyenne de l'ordre de 17,85°C, ainsi qu'une humidité relative moyenne de l'air de 74,47 % et une vitesse moyenne annuelle du vent de 3,10 m/s (FERROUM, 2015).

#### Prélèvements et techniques d'analyses

Quatre stations ont été choisies, assez éloignées les unes des autres (Figure 1 B) pour être considérées comme suffisamment représentatives de la variabilité spatiale de l'écosystème. Le choix de ces stations a été fait aussi en tenant compte de la facilité d'accès aux points de prélèvement et enfin de la localisation de ces points par rapport aux points d'arrivée de rejets polluants. Les coordonnées Lambert précises de ces différentes stations figurent dans le tableau 1.

**Tableau 1**

Localisation précis des quatre stations d'étude, le long sud-ouest du marais de Mékhada.  
*Exact location of the four study stations, along the southwestern shore of Mekhada marsh.*

Stations	Coordonnées Lambert		Altitude du fond (m)
	Latitude	Longitude	
S1	36°44'59.63"N	8°04'07.55"E	3
S2	36°44'25.28"N	8°01'18.66"E	0
S3	36°45'55.29"N	7°59'35.65"E	2
S4	36°50'05.89"N	7°56'26.33"E	8

#### Analyses physico-chimiques de l'eau

Le prélèvement d'un échantillon d'eau destiné aux analyses physico-chimiques est une opération délicate à laquelle le plus grand soin a été apporté car il peut conditionner pour une part la qualité, la fiabilité des résultats des analyses et l'interprétation qui en sera donnée (RODIER & LEGUBE, 2005).

Les mesures de la température, du pH et de la conductivité ont été réalisées sur place au moment de l'échantillonnage à l'aide d'un multi-mesureur « Consort 535 » équipé de plusieurs sondes spécifiques.

Les échantillons d'eau à analyser, afin d'être bien représentatifs de l'eau de chaque site, ont été prélevés dans des flacons stériles de un litre, puis manipulés au minimum, leur transport au laboratoire ayant été effectué aussitôt dans une glacière afin de les maintenir à une température ne dépassant pas 4°C.

Les résultats de ces analyses physico-chimiques ainsi que les méthodes utilisées pour les obtenir sont mentionnés dans les tableaux 2 et 3.

## Bulletin de la Société zoologique de France 143 (4)

### Tableau 2

Méthodes utilisées pour doser les principales composantes physico-chimiques de l'eau.  
*Methods used to measure the main physico-chemical components of the water.*

Paramètres	Unité	Normes	Méthodes
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	DIN 38406-ES	Spectrophotométrie
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	DIN EN 26777-D10	Spectrophotométrie
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	DIN38405-D9-2	Spectrophotométrie
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	DIN EN ISO 6878-D11	Spectrophotométrie
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	DIN 38405-D-2	Spectrophotométrie
DBO <sub>5</sub>	mg de O <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup>	DIN EN 1899-1-H51	Spectrophotométrie
DCO	mg de O <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup>	NFT 90-101	Spectrophotométrie
Matière Organique	mg de O <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup>	ISO 8467 NA 2064	Méthode à chaud en milieu acide

### Analyses du zooplancton

Chaque prélèvement du zooplancton a été réalisé à l'aide d'un seau de 10 litres plongé dans l'eau, en fonction de la profondeur du point précis du prélèvement, qui varie de 10 à 100 cm.

L'eau recueillie est filtrée à l'aide d'un filet à plancton (dont les mailles sont de 20 µm) muni d'un collecteur, puis on transfère le contenu du collecteur dans un flacon contenant de l'eau formolée à 4 %. Les échantillons ainsi récoltés sont aussitôt transportés au laboratoire pour analyse.

Les organismes présents dans chaque prélèvement sont observés et ceux qui appartiennent à l'un des quatre groupes retenus (Copépodes, Cladocères, Ostracodes et Rotifères) sont triés et dénombrés, et tout ceci à l'aide d'un microscope optique (Optika SN 361293). Pour dénombrer les individus, les comptages ont été effectués sur deux ou trois prises de 10 mL pour chaque échantillon.

Les prélèvements et dénombrements ont été répétés trois fois pour chaque station pendant la saison humide (décembre, janvier et février 2016) puis pendant la période sèche (mars, avril et mai 2016), soit 24 prélèvements au total.

### Traitement des données

Les résultats obtenus ont fait l'objet d'un traitement statistique et d'une représentation graphique dont le but est de synthétiser et d'interpréter ces résultats afin de caractériser d'une part, la qualité physico-chimique de l'eau et, d'autre part, les caractéristiques essentielles des zoocénoses planctoniques ainsi que la variabilité observée entre les stations. Ces analyses ont été effectuées à l'aide de Excel et du logiciel de Statistica 8.0.

La densité des individus a été calculée de la manière suivante :  $D = (n \times 1000)/V$  où  $D$  est la densité (exprimée en nombre d'individus par litre),  $n$  le nombre d'individus trouvés dans le volume  $V$  d'eau examiné au microscope, en ml.

L'abondance relative (A.R. %) est une variable qui permet d'évaluer l'importance numérique d'une espèce ou d'une catégorie (par exemple d'une classe ou d'un

### Le zooplancton du marais de la Mekhada (région d'El Tarf)

ordre) par rapport à l'effectif total de l'ensemble (N) des divers peuplements considérés dans un inventaire faunistique (FAURIE *et al.*, 2003). Elle est donnée selon la formule suivante :  $A.R. \% = (ni \times 100) / N$ . On a donc **A.R. %** qui est l'abondance relative d'une catégorie si **ni** est le nombre total des individus de cette catégorie et **N** le nombre total des individus appartenant à l'une ou l'autre des diverses catégories présentes dans le prélèvement et prises en compte dans l'étude.

## Résultats et discussion

Les changements observés dans un plan d'eau comportent nécessairement des modifications de certains descripteurs physico-chimiques de l'eau et plus généralement des facteurs abiotiques et, d'autre part, des descripteurs biologiques, zoologiques ou botaniques. Il est utile de préciser ces changements et leur importance qui est fonction des différents usages de l'eau, et enfin d'identifier les causes possibles de dégradation (DOS SANTOS *et al.*, 2011 ; PEREIRA *et al.*, 2014).

### Caractéristiques physico-chimiques de l'eau

Les résultats des analyses physico-chimiques des eaux du marais de la Mékhada sont réunis dans le tableau 3, où figurent, pour chaque variable mesurée, la moyenne des différentes valeurs observées ainsi que les écarts-type de la série de mesures et les valeurs extrêmes observées, dans chacune des 4 stations, et lors des deux périodes d'étude, en saison des pluies puis en saison sèche.

**La température de l'eau du marais** (si l'on considère l'ensemble de toutes les mesures réalisées au cours de l'étude) varie entre une valeur minimale de 10,6°C (valeur observée une fois au niveau de la station S2 pendant la saison des pluies) et une valeur maximale de 26,0°C mesurée une fois aussi dans la même station S2, mais pendant la période sèche. En effet, en raison des variations saisonnières du climat, les températures de l'eau sont toujours plus faibles en saison des pluies (de décembre à février) qu'en saison sèche (de mars à mai). Ainsi, la moyenne de toutes les températures de l'eau, mesurées dans l'ensemble des 4 stations pendant la saison des pluies, est de l'ordre de 13,4°C alors que pendant la saison sèche, cette température moyenne est de 21,2°C. En fait, on peut considérer que ces valeurs ne présentent pas de variations très importantes entre les stations et qu'elles restent assez proches de la température moyenne de la région pendant toute la période d'étude. Toutefois l'eau de la station S4 est sensiblement plus chaude que celle des autres stations, surtout pendant la saison des pluies, et enfin nous observerons qu'à la station S1, la plus éloignée de la mer (Figure 1B), la température de l'eau est généralement moins élevée que dans les autres stations, notamment pendant la saison sèche où les conditions hydrobiologiques deviennent de plus en plus rigoureuses.

**Le pH de l'eau** est en général légèrement alcalin et varie de 6,7 (valeur exceptionnellement basse, observée une seule fois à la station S1 en saison sèche), à

## Bulletin de la Société zoologique de France 143 (4)

**Tableau 3**  
Moyennes saisonnières ( $\pm$  écarts-types) de quelques composantes physico-chimiques de l'eau, des 4 stations d'étude, mesurées pendant 2 saisons successives (avec, entre parenthèses les valeurs minimale et maximale).  
*Mean seasonal values ( $\pm$  standard deviation) of some physico-chemical components of the water at the four sampling stations, measured during two successive seasons (with minimal and maximal values in brackets).*

Paramètres	Saison des pluies				Saison sèche			
	Station 01	Station 02	Station 03	Station 04	Station 01	Station 02	Station 03	Station 04
t°C	12,17 $\pm$ 1,02 (11,0-12,9)	12,03 $\pm$ 1,26 (10,6-13)	12,63 $\pm$ 0,90 (11,7-13,5)	16,73 $\pm$ 4,69 (13-22)	19,66 $\pm$ 5,45 (13,46-23,7)	21,92 $\pm$ 5,76 (15,33-26)	21,64 $\pm$ 3,74 (17,33-24)	21,63 $\pm$ 2,03 (19,5-23,56)
pH (en U.L.)	7,71 $\pm$ 1,07 (7,04-8,95)	7,46 $\pm$ 0,24 (7,27-7,74)	7,25 $\pm$ 0,09 (7,15-7,33)	7,50 $\pm$ 0,66 (6,93-8,23)	6,84 $\pm$ 0,20 (6,65-7,05)	8,16 $\pm$ 0,60 (7,47-8,62)	7,52 $\pm$ 0,45 (7,1-8,01)	8,26 $\pm$ 0,21 (8,03-8,46)
Cond. El. (mS.cm <sup>-1</sup> )	1,42 $\pm$ 0,64 (0,54-1,79)	5,89 $\pm$ 3,24 (1,52-7,9)	1,38 $\pm$ 1,29 (0,6-2,87)	5,32 $\pm$ 0,52 (4,80-5,85)	0,80 $\pm$ 0,10 (0,63-0,83)	3,67 $\pm$ 0,71 (2,75-4,16)	1,23 $\pm$ 1,30 (0,23-2,67)	3,17 $\pm$ 0,61 (2,29-3,53)
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	0,72 $\pm$ 0,69 (0,28-1,52)	0,23 $\pm$ 0,11 (0,14-0,36)	0,36 $\pm$ 0,08 (0,32-0,46)	0,46 $\pm$ 0,14 (0,35-0,62)	0,57 $\pm$ 0,34 (0,36-0,97)	0,22 $\pm$ 0,07 (0,16-0,31)	0,42 $\pm$ 0,23 (0,24-0,68)	1,1 $\pm$ 0,55 (0,55-1,66)
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	0,24 $\pm$ 0,06 (0,2-0,31)	0,13 $\pm$ 0,068 (0,06-0,18)	0,28 $\pm$ 0,03 (0,25-0,31)	0,27 $\pm$ 0,07 (0,21-0,36)	0,12 $\pm$ 0,05 (0,07-0,17)	0,11 $\pm$ 0,03 (0,08-0,14)	0,24 $\pm$ 0,12 (0,1-0,34)	0,18 $\pm$ 0,03 (0,15-0,21)
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	50 $\pm$ 1,00 (49-51)	36,66 $\pm$ 8,08 (28-44)	46,33 $\pm$ 1,52 (45-48)	42,33 $\pm$ 3,05 (39-45)	42 $\pm$ 6,00 (36-48)	36,33 $\pm$ 9,29 (26-44)	63 $\pm$ 21,65 (38-76)	43,33 $\pm$ 8,14 (34-49)
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	11,28 $\pm$ 4,59 (6,2-15,14)	6,19 $\pm$ 0,70 (5,9-7)	6,77 $\pm$ 1,35 (5,73-8,3)	2,74 $\pm$ 1,66 (1,35-4,59)	8,03 $\pm$ 4,10 (3,3-10,5)	5,16 $\pm$ 4,31 (0,5-9)	7,33 $\pm$ 2,04 (5-8,8)	7,5 $\pm$ 5,76 (1,1-12,3)
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	79,81 $\pm$ 16,4 (68-102,2)	281,33 $\pm$ 61,0 (220-342)	214,06 $\pm$ 98,58 (125-320)	148,33 $\pm$ 136,2 (135-459)	48 $\pm$ 48,49 (20-104)	198 $\pm$ 126,82 (96-340)	103,33 $\pm$ 60,04 (32-138)	112,66 $\pm$ 75,85 (50-197)
DBO5 (mg O <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup> )	3,86 $\pm$ 1,98 (2,3-6,1)	1,36 $\pm$ 0,47 (1-1,9)	4,26 $\pm$ 4,01 (-1,8-8,9)	2,03 $\pm$ 0,80 (-1,3-2,9)	4,46 $\pm$ 1,62 (2,7-5,9)	1,26 $\pm$ 1,32 (-0,5-2,8)	2,96 $\pm$ 3,36 (-0,5-6,8)	2,86 $\pm$ 1,10 (1,6-3,6)
DCO (mg O <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup> )	30,33 $\pm$ 15,5 (19-48)	42,66 $\pm$ 6,02 (37-49)	37,33 $\pm$ 17,61 (21-56)	44 $\pm$ 24,98 (16-64)	38,66 $\pm$ 17,0 (21-55)	29 $\pm$ 22,53 (3-43)	46,33 $\pm$ 9,50 (37-56)	43,66 $\pm$ 7,63 (37-52)
M.O (mg O <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup> )	13,73 $\pm$ 3,35 (11,6-17,6)	15,01 $\pm$ 3,97 (12-19,52)	19,04 $\pm$ 7,62 (4,56-27,8)	16,52 $\pm$ 7,04 (10-24)	13,81 $\pm$ 1,36 (12,5-15,2)	21,01 $\pm$ 4,36 (16,3-24,96)	17,33 $\pm$ 3,55 (15,2-21,44)	21,05 $\pm$ 5,32 (17,76-27,2)

### Le zooplancton du marais de la Mekhada (région d'El Tarf)

9,0 (valeur la plus élevée enregistrée également une fois dans la station S1, mais en saison des pluies). La valeur moyenne des pH mesurés dans l'ensemble des quatre stations est de 7,5 en saison des pluies et de 7,7 en saison sèche favorisant une vie aquatique riche et diversifiée (NISBET & VERNAUX, 1970). De telles valeurs du pH, presque toujours alcalin mais le plus souvent proche de la neutralité et relativement constantes au cours des saisons, s'observent fréquemment en Afrique dans les eaux continentales ; elles sont très comparables, par exemple, à celles qui ont été observées en Mauritanie par N'DIAYE *et al.* (2013) dans les eaux douces de la rive droite du fleuve Sénégal.

**La conductivité électrique de l'eau** a des valeurs moyennes oscillant entre  $1,42 \pm 0,64 \mu\text{S.cm}^{-1}$  (S1) et  $5,89 \pm 3,24 \text{ mS.cm}^{-1}$  (S2) pendant la saison hivernale, et de  $0,80 \pm 0,10 \text{ mS.cm}^{-1}$  (S1) à  $3,67 \pm 0,71 \text{ mS.cm}^{-1}$  (S2) au cours de la saison sèche. En outre, les valeurs moyennes au niveau de chaque point d'échantillonnage sont parfois plus grandes au cours de la saison humide. Selon la classification de NISBET & VERNEAUX (1970), ( $\text{CE} > 1000 \mu\text{S.cm}^{-1}$ ) indique que les eaux de la totalité des stations étudiées sont caractérisées par une minéralisation très forte à excessive, correspondant à une minéralisation importante des eaux de l'Oued El-Kébir Est qui alimente le marais en traversant les plaines d'El Tarf et Boutheldja, se chargeant naturellement des sels minéraux provenant du drainage des nappes phréatiques fortement minéralisées (DERRADJI *et al.*, 2007 ; VALLÉS *et al.*, 1997).

Ces résultats sont proches de ceux trouvés par MOUNJID *et al.* (2014) pour le cours d'eau Merzeg (périurbain de Casablanca, Maroc) et par de nombreux auteurs qui ont travaillé tant au Maghreb que dans le reste de l'Afrique.

**La concentration des ions sulfates** dans l'eau est très variable d'une station à l'autre et varie de 20 à 340  $\text{mg.L}^{-1}$ . La station S2 présente la teneur moyenne la plus élevée ( $281,33 \pm 61,00 \text{ mg.L}^{-1}$ ) pendant la saison humide, alors que la station S1 montre la valeur moyenne la plus faible ( $48 \pm 48,49 \text{ mg.L}^{-1}$ ) durant la saison sèche. Ces fortes concentrations sont enregistrées dans la station S2 puis la station S3 qui sont les plus méridionales et aussi celles qui sont le plus à l'amont du plan d'eau durant la période des hautes eaux avec des valeurs qui dépassent les 300  $\text{mg.L}^{-1}$  (340  $\text{mg.L}^{-1}$ ) qui peuvent s'expliquer par la dissolution des roches salines (gypse) plus abondantes dans cette partie des formations géologiques de la région. Sans oublier l'influence des eaux de l'Oued el Kébir chargée en sulfates suite au lessivage du sulfate de magnésium ( $\text{MgSO}_4$ ) épandu au sol (ce sel est très soluble dans l'eau et il produit des anions sulfates  $\text{SO}_4^{2-}$  et des cations magnésium  $\text{Mg}^{2+}$ ) (ALAYAT & LAMOUREUX, 2007), ce qui expliquerait des concentrations élevées observées dans l'eau de S2 et à un moindre degré dans S3, surtout en saison des pluies. Ces résultats sont en accord avec ceux trouvés par CHAIB & SAMRAOUI (2011) et de BENRABAH *et al.* (2013).

**Les concentrations moyennes des ions phosphates** durant la période humide, varient entre  $2,74 \pm 1,66 \text{ mg.L}^{-1}$  au site S4 et  $11,28 \pm 4,59 \text{ mg.L}^{-1}$  dans la station S1. En période sèche, les concentrations moyennes maximales atteignent  $8,03 \pm 4,10 \text{ mg.L}^{-1}$  dans la station S1, ce qui révèle une situation douteuse avec un état anor-

**Bulletin de la Société zoologique de France 143 (4)**

mal et critique dû très vraisemblablement aux rejets domestiques vers le marais et surtout aux lessivages des terres cultivées entraînant des engrais phosphatés ou les résidus de certains pesticides dans les plaines agricoles comme celles des communes avoisinantes.

**La teneur la plus faible en azote ammoniacal** est de 0,14 mg.L<sup>-1</sup> au niveau de la station S2 au cours de la saison des pluies tandis que la valeur la plus élevée est de 1,66 mg.L<sup>-1</sup> au niveau de la station S1 pendant la saison sèche. Cette élévation est due pour une part à l'influence non négligeable des activités agricoles (pesticides) et de l'élevage d'ovins et/ou de caprins et, d'autre part, à la présence des milliers de canards et autres oiseaux d'eau qui habitent cet écosystème. Ces résultats sont proches de ceux trouvés par LODS-CROZET *et al.* (2009) lors de l'étude de l'eau d'un petit lac du Plateau suisse (le lac de Bret, canton de Vaud).

**Les concentrations des nitrites** sont restées faibles tout au long de l'étude, toujours comprises entre 0,06 à 0,36 mg.L<sup>-1</sup> pour les concentrations extrêmes, rencontrées une seule fois, respectivement aux stations S2 et S4, en saison des pluies. La valeur moyenne saisonnière la plus faible (0,11 mg.L<sup>-1</sup>) étant celles de S2 en saison sèche et la plus forte (0,28 mg.L<sup>-1</sup>) à la station S3 en saison des pluies.

**Les concentrations de l'eau en nitrates** sont assez élevées pour les deux périodes d'investigation et dans toutes les stations. La valeur moyenne la plus élevée ( $63,00 \pm 23$  mg.L<sup>-1</sup>) s'observe au niveau de la station S3 au cours de la période sèche et la valeur moyenne la plus faible ( $36,33 \pm 9,29$  mg.L<sup>-1</sup>) durant la saison sèche au niveau de la station S2. La contamination par les nitrates est donc assez marquée et vraisemblablement due aux rejets directs des eaux usées provenant des habitations de Sidi Kaci et également du lac des Oiseaux, ainsi qu'à la forte pression de l'élevage bovin, ovin et caprin. Ces résultats concordent avec ceux trouvés par REGGAM *et al.* (2015) dans les eaux d'Oued Seybouse proche, au Nord-Est de l'Algérie.

**Les teneurs de la matière organique** estimées par l'oxydabilité au KMnO<sub>4</sub> varient bien sûr avec les saisons mais également et surtout selon les stations. À la station S1 ont été enregistrées les concentrations moyennes les plus faibles avec une teneur moyenne de  $13,73 \pm 3,35$  mg.L<sup>-1</sup> d'oxygène alors que la station S4 montre les plus fortes teneurs de ce paramètre avec une concentration moyenne de  $21,05 \pm 5,3$  mg.L<sup>-1</sup> d'oxygène durant la saison humide et ceci dans les deux cas pendant la saison des pluies. Toutefois une très faible oxygénation de l'eau peut occasionnellement s'observer ailleurs, par exemple à la station 4 (où le taux d'oxygène dissous peut descendre jusqu'à 10 mg.L<sup>-1</sup>) toujours en saison des pluies.

**Les valeurs moyennes de la DBO5** varient entre  $1,26 \pm 0,42$  mg de O<sub>2</sub>/L au niveau de la station S2 pendant la saison sèche et  $4,46 \pm 1,62$  mg de O<sub>2</sub>/L au niveau de la station S1 pendant la même saison sèche. Quant à la DCO, elle varie entre une valeur moyenne de  $29 \pm 22,53$  mg de O<sub>2</sub>/L au niveau de la station S1 pendant la saison humide et  $46,33 \pm 9,50$  mg O<sub>2</sub>/l au niveau de la station S3 pendant la saison sèche, valeur élevée qui indique très certainement une importante pollution organique non biodégradable.

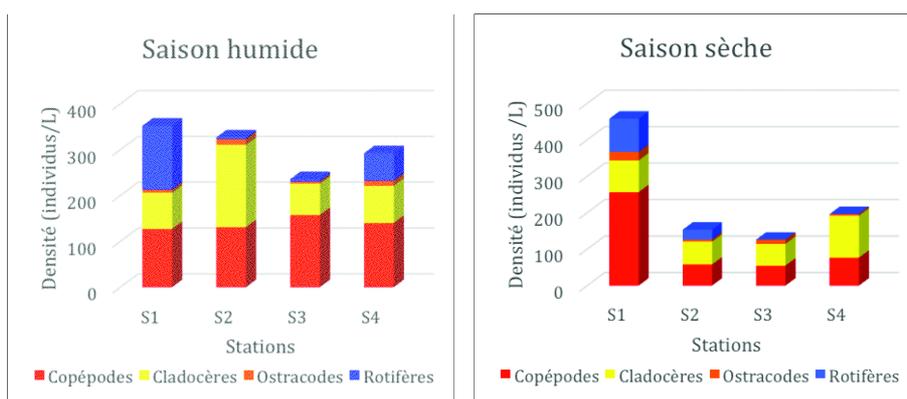
## Le zooplancton du marais de la Mekhada (région d'El Tarf)

### Variation spatiale et saisonnière de l'abondance du zooplancton

Le zooplancton est l'une des composantes essentielles des réseaux trophiques dans tous les écosystèmes aquatiques, marins ou continentaux (EHRHARDT & SEGUIN, 1978 ; POURRIOT, 1982), y compris dans les lacs peu profonds ou des étangs comme le Marais de la Mékhada. Les variations saisonnières ainsi que les variations interannuelles ou spatiales du plancton en général sont déterminées par des facteurs de régulation de nature abiotique, physico-chimiques et/ou biologiques (MC QUEEN *et al.*, 1986). En général, l'ensemble des facteurs abiotiques détermine pour une grande part la présence d'une espèce à un endroit et à un moment donné, tandis que les facteurs biotiques régulent leurs populations (DE LA LANZA-ESPINO & GARCIA-CALDERON, 2002).

Les résultats obtenus indiquent une grande variabilité spatiale de la densité et des abondances des groupes zoo-planctoniques qui peuplent les différentes stations d'étude (Figures 2 et 3) qui sont séparées par des distances de 5 à 10 km. MUYLAERT *et al.* (2003), qui ont étudié plusieurs lacs de Belgique, mentionnent aussi que la biomasse du zooplancton atteint habituellement son maximum pendant la saison des pluies. COLE (1979) et WETZEL (2001) ont observé (parmi d'autres auteurs) que l'augmentation de la production primaire du phytoplancton en tant que source de nourriture entraîne une augmentation de l'abondance et de la biomasse du zooplancton.

Dans notre étude, il apparaît assez clairement (Figure 2) que la densité du zooplancton atteint des valeurs maximales pendant la saison humide, tandis qu'une plus faible densité de zooplancton s'observe lorsque le niveau de l'eau commence à diminuer et pendant la saison sèche, ceci étant probablement la conséquence d'un impact plus important des prédateurs du zooplancton. Mais il est possible également que la



**Figure 2**

Variation des valeurs moyennes de la densité (nombre d'individus par litre) des 4 groupes zooplanctoniques, dans les 4 stations échantillonnées, pendant les deux saisons successives.  
*Variation in mean density values (number of individuals per litre) of the four zooplankton groups at the four sampling stations during the two successive seasons.*

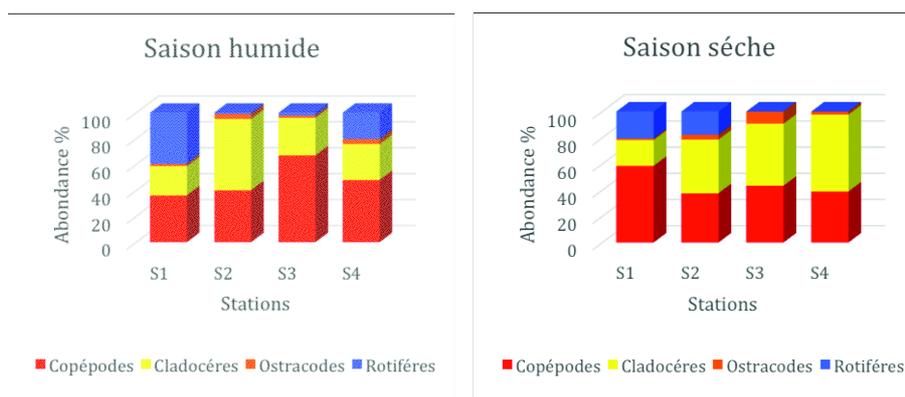
**Bulletin de la Société zoologique de France 143 (4)**

plus faible densité du zooplancton dans la région d'étude soit accentuée par les activités humaines, en raison de l'impact des eaux usées provenant des activités agricoles et domestiques qui sont rejetées dans l'écosystème sans traitement préalable, en plus de l'activité prédatrice croissante des métazoaires, tant des invertébrés que de l'ichtyofaune.

L'analyse de figure 2 montre que la plus forte densité du zooplancton considéré globalement, caractérise la station S1 (suivie par la station S2 en saison humide ou S4 en saison sèche). Quant à l'abondance relative des quatre guildes considérées dans cette étude (Figure 3), on voit qu'elle varie aussi de façon significative d'une station à l'autre. Ainsi la répartition du zooplancton varie de façon relativement complexe très certainement parce qu'elle est influencée par de nombreux facteurs différents tels que la température, l'oxygène dissous, les ressources alimentaires, la présence de tels ou tels prédateurs (LAMPERT, 1993), et même parfois par le pH (SPRULES, 1975) et la conductivité électrique (PINTO-COELHO *et al.*, 2005).

Finalement, les Copépodes dominent dans les deux stations S3 (66,8 %) et S4 (47,8 %) au cours de la saison humide et dominant dans la station S1 (58,3 %) pendant la saison sèche, ce qui peut probablement s'expliquer par le fait que ce sont des organismes qui ont une alimentation très variable d'une espèce à l'autre. Cela permet par exemple aux espèces prédatrices de se développer dans tous les milieux où ils ont des proies comme les protozoaires ou les larves d'autres Crustacés, les Rotifères, etc. Ces organismes se développent finalement dans tous les milieux aquatiques (en pleine eau, sur des végétaux, sur le fond ou à l'intérieur même des sédiments), des plus grands océans aux plus petits des étangs.

Ils sont suivis par les Cladocères, 37,7 % de l'abondance totale, qui dominent à la station S2 (55,1 %) pendant la période humide et dans les trois autres stations durant la saison sèche : 47,4 % à la station S2, 58,8 % à la station S3 et 41,8 % dans



**Figure 3**

Variation des valeurs moyennes de l'abondance relative (% du nombre d'individus appartenant à l'un des 4 groupes zoo-planctoniques), dans les 4 stations échantillonnées, pendant les deux saisons successives.

*Variation in the mean values of relative abundance (% of number of individuals) of the four zooplanktonic groups at the four sampling stations during the two successive seasons.*

### Le zooplancton du marais de la Mekhada (région d'El Tarf)

la station S4. Ils se trouvent principalement dans les eaux neutres ou alcalines, ce qui est le cas de celles de la Mékhada – de sorte que l'acidité affecte leur distribution (DODSON & FREY, 2001) – et présentent une large gamme de niches alimentaires, mais sont considérés comme grands filtreurs (DUSSART & DEFAYE, 1995).

En revanche, l'inondation contribue positivement à la croissance des populations de Cladocères en apportant de nouveaux nutriments et en brassant les nutriments autochtones présents dans les différentes strates des lacs et offre également à l'apport de nouvelles espèces de Cladocères riveraines ou recrutées dans d'autres plans d'eau. Cette dominance peut s'expliquer par plusieurs facteurs, dont la diminution des températures, la plus grande disponibilité de nutriments et l'éclosion des œufs de durée (œufs à coque épaisse qui éclosent tardivement, lorsque les conditions redeviennent favorables). La diminution de la population et de la richesse spécifique des Cladocères pourrait être en relation avec l'augmentation de la température et de l'acidité (OKOGWU, 2009).

La baisse de la densité des espèces en saison sèche semble corroborer l'hypothèse d'une succession saisonnière, sous l'influence de la prédation exercée par les alevins de poissons, de la qualité de l'eau qui se dégrade et de la compétition entre les espèces (ONWUDINJO & EGBORGE, 1994 ; OVIE & ADENIJI, 1994). Avec l'augmentation de la température et la dégradation de la qualité des eaux, les populations et la richesse spécifique diminuent, mais un peu moins pour les Rotifères qui sont plus tolérants aux variations du milieu comme les petits Copépodes (AUCLAIR *et al.*, 1993 ; HANNSON *et al.*, 2007). Ceci s'explique par le recrutement des œufs de durée lors des crues, la faible pression de prédation des alevins de poissons et le concours de plusieurs facteurs, tels l'apport de nutriments et la faible température (MERGEAY *et al.*, 2006 ; DEJEN *et al.*, 2004).

Les Rotifères occupent la troisième place dans les quatre stations d'étude dont le pourcentage le plus élevé est enregistré dans la station S1 pendant la saison de pluie avec un taux de 39,5 %. On observe aussi une augmentation progressive des Rotifères durant la saison sèche, accompagnée par une diminution de la densité des Cladocères, celles-ci induisent une multiplication rapide des bactéries qui constituent la principale source alimentaire des rotifères (THOUVENOT *et al.*, 2000).

Cependant, les plus fortes densités de Rotifères sont observées à la station S1, même en saison sèche (mars, avril et mai) par comparaison avec celles les périodes de crue (décembre, janvier et février). Cette situation quelque peu surprenante pourrait s'expliquer au moins en partie par le fait que pendant la saison sèche, les eaux sont relativement calmes et présentent en même temps de nombreux faciès, notamment des formations végétales favorables à la prolifération des Rotifères, ce qui n'est pas le cas en période de crue où les forts courants et débits sont défavorables à l'installation des organismes planctoniques. De plus, les taxons de ce groupe zooplanctonique renferment un bon nombre d'espèces assez tolérantes pour résister à un fort enrichissement du milieu en matière organique et à un appauvrissement en oxygène dissous, caractéristiques de l'eutrophisation (ZÉBAZÉ TOGOUET, 2008). Selon ONWUDINJO & EGBORGE (1994), les faibles densités des Rotifères en saison des

### Bulletin de la Société zoologique de France 143 (4)

pluies pourraient être dues à l'influence néfaste de l'agitation des eaux qui arrivent périodiquement lors des crues des cours d'eau arrivant dans le bassin de la Mékhada. OKOGWU (2009) dans une plaine inondée du Nigéria envisage plutôt une régulation des effectifs des populations de Rotifères résultant de la combinaison des phénomènes de prédation et de compétition défavorable exercée par d'importantes populations de Cladocères.

Les Ostracodes ne représentent toujours que de faibles proportions de la faune totale récoltée au cours des deux périodes avec un taux de 3,5 % de l'abondance totale (Figure 3). Les variations faibles de leur abondance seraient certainement difficiles à interpréter. Aussi nous envisageons de ne plus les prendre en compte dans la suite de nos investigations, d'autant que la plupart des auteurs considèrent qu'ils ne font pas partie de la communauté zooplanctonique, même s'il arrive, comme dans notre étude, que l'on en récolte occasionnellement un certain nombre lorsqu'on échantillonne le zooplancton dulçaquicole. En effet, on admet généralement, avec POURRIOT & CHAMP (1982), que « Trois groupes composent l'essentiel du plancton animal », les Copépodes les Cladocères et les Rotifères. Quant aux autres organismes occasionnellement présents dans le zooplancton, il s'agit de stades larvaires de quelques Insectes Diptères ou de Protozoaires (Ciliés ou Testacés).

### Conclusion

Le marais de la Mékhada est un vaste écosystème qui a été classé parmi les sites Ramsar d'importance internationale en 2002 en raison de son étendue (jusqu'à 9 000 hectares) et de sa richesse biologique qui en font un vaste réservoir régional de biodiversité aquatique (et ripicole) aussi bien végétale qu'animale, avec notamment une faune ornithologique qui a depuis longtemps retenu l'attention des spécialistes. Cette zone présente quelques caractéristiques assez particulières qui sont certainement à l'origine de sa richesse biologique mais également de sa possible vulnérabilité. En effet, le réservoir principal de la Mékhada est centré sur la partie aval des deux oueds El-Kébir et Bou Namoussa et leur estuaire commun la Mafragh qui, traversant le cordon dunaire côtier, rejoint la mer. Il en résulte qu'en plus des aléas climatiques présents et futurs dans une région au climat méditerranéen sub-humide, l'ensemble du marais, dont la profondeur ne dépasse guère un mètre le plus souvent, est particulièrement exposé à toutes les perturbations pouvant avoir leur source non seulement à l'aval en cas d'introgressions marines mais aussi en divers points du bassin hydrographique des deux oueds. L'oued El-Kébir par exemple, qui prend sa source en Tunisie, traverse des régions peuplées où les impacts anthropiques sur la qualité des eaux, souterraines et superficielles, ne font que croître et où des retenues comme le Barrage de Bougous viennent aussi modifier le régime naturel d'écoulement des eaux. Dans une perspective de conservation des richesses biologiques de la Mékhada, il est certainement utile de disposer d'outils biologiques permettant de déceler suffisamment tôt des changements nouveaux avant que les conséquences ne soient trop graves voire inévitables. En pareil cas, il revient aux écologistes – et aux

### Le zooplancton du marais de la Mekhada (région d'El Tarf)

hydrobiologistes plus généralement – de mieux connaître les espèces indicatrices de la pollution et plus généralement des perturbations du milieu de vie des organismes aquatiques afin d'informer les autorités pouvant intervenir le plus tôt possible (AFFOUN, 2006).

Très souvent on recherche et on choisit de tels indicateurs parmi les organismes aquatiques, en particulier parmi les Insectes aquatiques, comme BENCHALEL & SAMRAOUI (2012). Ces organismes sont souvent des prédateurs dont les populations, même lorsqu'elles supportent un certain taux de pollution, seront affectées par la réduction progressive de leurs ressources alimentaires lorsque la communauté zooplanctonique est déjà sérieusement diminuée dans sa diversité et son abondance. Il serait donc utile, afin de déceler plus précocement une altération de la qualité de l'eau qui menacerait à terme toute la biodiversité et la productivité d'un écosystème aquatique, de pouvoir disposer, par exemple au niveau du zooplancton, d'espèces sentinelles ou d'indices permettant de détecter et de suivre les possibles variations de la qualité de l'eau. Dans le cas du Marais de la Mékhada, cette première approche visait à connaître d'abord la structure globale de la communauté zooplanctonique et les principales caractéristiques physico-chimiques de l'eau afin de pouvoir mettre en évidence les possibles corrélations entre les caractéristiques abiotiques de l'hydrosystème et la présence ou l'absence de certaines composantes du zooplancton. Dans la phase suivante de ce travail (qui est en cours, mais qui ne sera publiable qu'après une connaissance plus avancée du zooplancton), il sera possible de rechercher, notamment au moyen d'analyses multivariées, les liens existant entre les caractéristiques faunistiques et hydrologiques des stations.

Dès maintenant, nous pouvons cependant faire état de différences significatives (visibles sur les figures 2 et 3) existant entre la densité ainsi que l'abondance des grandes guildes qui constituent le zooplancton des quatre stations, et pareillement des différences notables entre les descripteurs physico-chimiques de l'eau de ces quatre stations. Ces premiers résultats nous semblent justifier la poursuite de nos investigations et notamment le dénombrement et la reconnaissance au niveau spécifique des composantes du zooplancton, travail inachevé à ce jour, mais qui devra être mené à son terme avec la collaboration de taxonomistes intéressés.

### RÉFÉRENCES

- AFFOUN, S. (2006).- *Ressources en eaux, mobilisation et utilisation dans le bassin versant de la Mafragh*. Mém. Magister Univ. Mentouri, Constantine 1, pp. 1-186.
- ALAYAT, H. & LAMOUREUX, C. (2007).- Caractérisation physico-chimique des eaux thermo-minérales des monts de la Cheffia (Extrême nord-est Algérien). *Presse Thermale et Climatique*, **144**, 191-199.
- AUCLAIR, J.C., FRENETTE, J.J. & DODSON, J. (1993).- Zooplankton community structure in south-western Quebec lakes: the roles of acidity and predation. *J. Plankton Res.*, **15**, 1103-1128.
- BALAVAY, G. (2010).- Biodiversité du zooplancton d'eau douce. In "Évaluation de la biodiversité rhônalpine 1960-2010". *Bull. Soc. Lin. de Lyon (France)*. **H.S. n°2**, 86-90.

**Bulletin de la Société zoologique de France 143 (4)**

- BEAUGRAND, G. (2005).- Monitoring pelagic ecosystems using plankton indicators. *ICES J. Mar. Sci.*, **62**, 333-338.
- BEAUGRAND, G. & REID, P.C. (2003).- Long-term changes in phytoplankton, zooplankton and salmon linked to climate change. *Glob. Change Biol.*, **9**, 801-817.
- BENCHALEL, W. & SAMRAOUI, B. (2012).- Caractérisation écologique et biologique de l'odonatofaune de deux cours d'eau méditerranéens : l'oued El-Kébir et l'oued Bouaroug (Nord-Est de l'Algérie). *Méditerranée*, **118**, 19-27.
- BENRABAH, S., BOUSNOUBRA, H., KHERICI, N., CÔTE, M. (2013).- Caractérisation de la qualité des eaux de l'oued Kebir Ouest (Nord Est Algérien). *Rev. Sci. Technol., Synthèse*, **26**, 30-39.
- BERLINE, L., SIOKOU-FRANGOU, I., MARASOVIC, I., VIDJAK, O., FERNANDEZ DE PUELLES M.L., MAZZOCCHI, M.G., ASSIMAKOPOULOU, G., ZERVOUDAKI, S., FONDA UMANI, S., CONVERSI, A., GARCIA-COMAS, C., IBANEZ, F., GASPARINI, S., STEMMANN, L., GORSKY, G. (2012).- Intercomparison of six Mediterranean zooplankton series. *Progr. Oceanogr.*, **97-100**, 76-91.
- BOUMEZBEUR, A., (2002).- *Atlas des 26 zones humides Algériennes d'importance internationale*. Direction de la Protection de la Flore et de la Faune, Alger, 89 p.
- CHAIB, N. & SAMRAOUI B. (2011).- Évaluation de la qualité physico-chimique des eaux de l'Oued Kébir-Est et de ses principaux affluents (Nord-Est Algérien). *Sécheresse*, **22**, 171-177.
- COLE, G.A. (1979).- *Textbook of Limnology*. 2<sup>nd</sup> Edition. Toronto. C.V. Mosby Company.
- DE LA LANZA-ESPINO, G. & GARCIA-CALDERON, J.L. (2002).- *Lagos y Presas de México*. AGT Editor, S.A., Distrito Federal, México, 1<sup>a</sup> Edición, 680 p.
- DEHABA, R. & LABII, B. (2012).- Plaidoyer pour un aménagement touristique en profondeur cas de la wilaya d'El Tarf. *Sciences & Technologie D - N°35*, pp. 69-78.
- DEJEN, E., VIJVERBERG, J., NAGELKERKE, L.A.J. & SIBBING, F.A. (2004).- Temporal and spatial distribution of microcrustacean zooplankton in relation to turbidity and other environmental factors in a large tropical lake (L. Tana, Ethiopia). *Hydrobiologia*, **513** (1), 39-49.
- DERRADJI, F., BOUSNOUBRA, H., KHERICI, N., ROMIO, M., CARUBA, R. (2007).- Impact de la pollution organique sur la qualité des eaux superficielles dans le Nord-Est Algérien. *Sécheresse*, **18** (1), 23-27.
- DIRECTION GÉNÉRALE DES FORÊTS (D.G.F.) (2003).- *Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar : Marais de la Mékhada, Wilaya d'El Tarf*. Direction Générale des Corêts, Chemin Doudou Mokhtar, Ben Aknoun, Alger, Algérie, 8 p.
- DODSON, S.I. & FREY, D.G. (2001).- *The Cladocera and other Branchiopoda*. In: Thorpe, J.E. and Covich, A.P. (eds), *Ecology and Systematics of North American Freshwater Invertebrates*, 2<sup>nd</sup> ed., Academic Press, New York, pp. 849-913.
- DOS SANTOS, M.G., DA CUNHA-SANTINO, M.B. & JÚNIOR, I.B. (2011).- Alterações espaciais e temporais de variáveis limnológicas do reservatório do Monjolinho (Campus da Ufscar). *Oecologia Australis*, **15** (3), 682-696.
- DUSSART, B.H. & DEFAYE, D. (1995).- *Copepoda. Introduction to the Copepoda*, vol 7. SPB Academic Publishing bv, The Hague, pp. 1-276.
- EHRHARDT, J.P. & SEGUIN, G. (1978).- *Le plancton : composition, écologie, pollution*. Gauthier-Villars, Paris, 210 p.
- ELSER, J.J., ELSER, M.M., MACKAY, N.A. & CARPENTER, S.R. (1988).- Zooplankton-mediated transitions between N- and P-limited algal growths. *Limnol. Oceanogr.*, **33**, 1-14.
- FAURIE, C., FERRA, C., MÉDORI, P., DÉVAUX, J. & HEMPTINNE, J.L. (2003).- *Écologie : approche scientifique et pratique*. Éd. Tech & Doc - Lavoisier, Paris, 432 p.

### Le zooplancton du marais de la Mekhada (région d'El Tarf)

- FERROUM, A., (2015).- *Caractérisation des eaux superficielles de la plaine d'El Hadjar*. Thèse de Magistère. Université Badji Mokhtar d'Annaba, 92 p.
- GARCIA-COMAS, C., STEMMANN, L., IBANEZ, F., BERLINE, L., MAZZOCCHI, M.G., GASPARINI, S., PICHERAL, M. & GORSKY, G. (2011).- Zooplankton long-term changes in the NW Mediterranean Sea: Decadal periodicity forced by winter hydrographic conditions related to large-scale atmospheric changes. *J. Mar. Syst.*, **87**, 216-226.
- HANSSON, L.A., GUSTAFSSON, S., RENGEFORS, K. & BOMARK, L. (2007).- Cyanobacterial chemical warfare affects zooplankton community composition. *Freshw. Biol.*, **52**, 1290-1301.
- HAYS, G.C., RICHARDSON, A.J. & ROBINSON, C. (2005).- Climate change and marine plankton. *Trends Ecol. Evol.*, **20**, 337-344.
- KAMEL, C., (2008).- *Parc National d'El-Kala – Annaba et sa région* – <www.annaba.net.free.fr>.
- KARROUCH, L. & CHAHLAOUI, A. (2009).- Bio-évaluation de la qualité des eaux de l'oued Boufekrane (Meknès, Maroc). *Biomatec. Echo*, **3** (6), 6-17.
- KARSENTI, E., ACINAS, S.G., BORK, P., BOWLER, C., DE VARGAS, C., RAES, J. et al. (2011). - A Holistic approach to marine eco-systems biology. *PLoS Biol.*, **9** (10), e1001177.
- LAMPERT, W. (1993).- Ultimate causes of diel vertical migration of zooplankton: new evidence for the predator-avoidance hypothesis. *Arch. Hydrobiol. Beiheft*, **39**, 79-88.
- LAMPERT, W., FLECKNER, W., RAI, H. & TAYLOR, B.E. (1986).- Phytoplankton control by grazing zooplankton: A study on the spring clear water phase. *Limnol. Oceanogr.*, **31**, 478-490.
- LAVANIEGOS, B.E. & OHMAN, M.D. (2007).- Coherence of long-term variations of zooplankton in two sectors of the California Current System. *Prog Oceanogr.*, **75**, 42-69.
- LODS-CROZET, B., DE LA HARPE, M., REYMOND, O. & STRAWCZYNSKI, A. (2009).- Évaluation de la qualité chimique et biologique d'un petit lac du Plateau suisse (lac de Bret, canton de Vaud). *Bull. Soc. Vaud. Sc. nat.*, **91** (4), 363-387.
- MERGEAY, J., DECLERCK, S., VERSCHUREN, D. & MEESTER, L. (2006).- Daphnia community analysis in shallow Kenyan lakes and ponds using dormant eggs in surface sediments. *Freshw. Biol.*, **51** (3), 399-411.
- METALLAOUI, S. (2010).- *Écologie de l'avifaune aquatique hivernante dans Garaet Hadj-Tahar (Numidie occidentale, Nord-Est de l'Algérie)*. Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar d'Annaba, 120 p.
- METALLAOUI, S. & HOUHAMDI, M. (2008).- Données préliminaires sur l'avifaune aquatique de la Garaet Hadj Tahar (Skikda, Nord Est Algérien). *Afri. Birdclub. Bull.*, **15** (1), 71-76.
- MOUNJID, J., COHEN, N., FADLAOUI, S., BELHOUARI, A. & OUBRAIM, S. (2014). - Contribution à l'évaluation de la qualité physico-chimique du cours d'eau Merzeg (Périurbain de Casablanca, Maroc). *Larhyss Journal*, **18**, 31-51.
- MUYLAERT, K., DECLERCK, S., GEENENS, V., VAN WICHELEN, J., DEGANS, H., VANDEKER-KHOVE, J. et al. (2003).- Zooplankton, phytoplankton and the microbial food web in two turbid and two clear water shallow lakes in Belgium. *Aquatic Ecology*, **37**, 137-150.
- N'DIAYE, A.D., MINT MOHAMED SALEM, K., OULD KANKOU, M.O.S.A. (2013).- Contribution à l'étude de la qualité physicochimique de l'eau de la rive droite du fleuve Sénégal. *Larhyss Journal*, **12**, 71-83.
- NISBET, M. & VERNEAUX, J. (1970).- Composantes chimiques des eaux courantes. Discussion et proposition de classes en tant que bases d'interprétation des analyses chimiques. *Annales de Limnologie*, **6** (2), 161-190.
- OKOGWU, O.I. (2009).- Seasonal variations of species composition and abundance of zooplankton in Ehoma Lake, a floodplain lake in Nigeria. *Rev. Biol. Tropical*, **58** (1), 171-182.

**Bulletin de la Société zoologique de France 143 (4)**

- ONWUDINJO, C.C. & EGBORGE, A.B.M. (1994).- Rotifers of Benin river, Nigeria. *Hydrobiologia*, **272**, 87-94.
- OVIE, S.I. & ADENIJI, H.A. (1994).- Zooplankton and environmental characteristics of Shiroro Lake at the extremes of its hydrological cycle. *Hydrobiologia*, **286**, 175-182.
- PEREIRA, L.S., GONÇALVES, B.B., SILVA-NETO, C.M., FERREIRA SANTOS, A.L. (2014).- Variação sazonal da qualidade da água do ribeirão piacó no município de Anápolis - GO. *Revista Mirante*, **7**, 1-19.
- PINTO-COELHO, R., PINEL-ALLOUL, B., MÉTHOT G. & HAVENS, K.E. (2005).- Crustacean zooplankton in lakes and reservoirs of temperate and tropical regions: variation with trophic status. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **62** (2), 348-361.
- POURRIOT, R., CAPBLANC, J., CHAMP, P. & MEYER, J.A. (1982).- *Écologie du plancton des eaux continentales*. Masson éd., Paris, 198 p.
- POURRIOT, R. & CHAMP, P. (1982).- Consommateurs et production secondaire. In Pourriot *et al.*, 1982, pp. 49-112.
- REGGAM, A., BOUCHELAGHEM, H. & HOUHAMDI M. (2015).- Qualité physico-chimique des eaux de l'Oued Seybouse (Nord-Est de l'Algérie) : caractérisation et analyse en composantes principales. *J. Mater. Environ. Sci.*, **6** (5), 1417-1425.
- RICHARDSON, A.J. & SHOEMAN, D.S. (2004).- Climate impact on plankton ecosystems in the North-east Atlantic. *Science*, **305**, 1609-1612.
- RODIER, J. & LEGUBE, B. (2005).- *L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer*. 8<sup>e</sup> Éd, Dunod, Paris, VII-189-245 p.
- SPRULES, W.G. (1975).- Zooplankton in acid-stressed lakes. *J. Fish. Res. Board Canada*, **32** (3), 390-395.
- STERNER, R.W. (2009).- *Role of Zooplankton in Aquatic Ecosystems*. In "Zooplankton", University of Minnesota, Elsevier Inc., pp. 678-688.
- THOUVENOT, A., DEBROAS, D., RICHARDOT, L., JUGNIA, B., DÉVAUX, J. (2000).- A study of changes between years in the structure of plankton community in a newly flooded reservoir. *Arch. Hydrobiol.*, **149**, 131-152.
- VALLÉS, V., REZAGUI, M., AUQUE, L., SEMADI, A., ROGER, L. & ZOUGARI, A. (1997).- Geochemistry of saline soils in two arid zones of the Mediterranean basin. I. Geochemistry of the Chott Melghir-Mehrouane watershed in Algeria. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, **11**, 71-84.
- WETZEL, R.G. (2001).- *Limnology: Lake and River Ecosystems*. 3<sup>rd</sup> Edition. California, USA; Academic Press; An imprint of Elsevier.
- ZÉBAZÉ TOGOUET, S.H. (2008).- *Structure de la communauté zooplanctonique et eutrophisation du Lac Municipal de Yaoundé, Cameroun*. Thèse de doctorat PhD de Biologie Animale, Univ. Yaoundé, pp. 1-200.

(reçu le 28/12/2017 ; accepté le 21/10/2018)  
mis en ligne le 09/12/2018