

Impact des changements environnementaux sur le zooplancton du barrage de Boukerdane (Tipaza - Algérie)

Safia AKLI-BIDI, Faten MERAGHNI, Lilia SEDDAOUI, Ikram NASROUCHE & Lidia BAITICHE¹

¹ Laboratoire de Dynamique et Biodiversité, Faculté des Sciences Biologiques, Université des Sciences et de la Technologie Houari-Boumediene. Alger, Algérie.

Auteur correspondant Safia AKLI-BIDI (safiabidi@yahoo.fr)

Manuscrit reçu le 06/07/2022, , accepté le 29/01/2023, mis en ligne le 27/04/2023

Résumé

Le barrage de Boukerdane sur lequel porte l'étude a connu ces dernières années une réduction importante de son niveau d'eau en raison des températures élevées et de faibles précipitations. Par conséquent, ce barrage est devenu eutrophe. Les vagues de chaleur observées lors de la saison estivale et la baisse du niveau d'eau ont entraîné une baisse de la quantité d'oxygène dans l'eau, causant la mort d'une grande quantité de poissons.

Dans cette étude, nous allons voir l'impact des changements environnementaux liés à une réduction importante du niveau de l'eau sur la richesse spécifique et les abondances des espèces du zooplancton étudiées. L'échantillonnage du zooplancton a été effectué selon un cycle saisonnier durant 2020-2021 en utilisant un filet à plancton de 50 µm. L'étude du peuplement zooplanctonique du barrage de Boukerdane a permis de recenser 13 espèces appartenant à trois groupes zoologiques : les rotifères, les copépodes et les cladocères. Les espèces représentatives du barrage de Boukerdane sont les rotifères *Polyarthra remata* qui est une espèce eurytherme et eutrophe, *Asplanchna priodonta* et *Keratella cochlearis*. Ces dernières se développent en général fortement avec l'eutrophisation du milieu. On note l'apparition d'une espèce eutrophe : *Brachionus calyciflorus*, qui n'a pas été signalée avant dans ce barrage. Six espèces signalées auparavant dans ce barrage ont disparu, représentées par deux espèces de cladocères (*Ceriodaphnia reticulata* et *Leydigia quadrangularis*) et quatre espèces de rotifères (*Lecane luna*, *Synchaeta* sp., *Keratella quadrata* et *Ascomorpha* sp). Certaines d'entre elles sont oligo-mésotrophes et d'autres sont qualifiées d'eaux froides. Le copépode *Copidodiaptomus numidicus* et le rotifère *Polyarthra dolichoptera*, auparavant représentatifs du barrage de Boukerdane, sont actuellement devenus rares. La structure du zooplancton dans le barrage de Boukerdane poursuit une évolution se traduisant par une augmentation des espèces eutrophes au détriment des espèces oligo-mésotrophes.

Keywords

Rotifères, Copépodes, Cladocères, barrage Boukerdane, Impact de la sécheresse, Algérie.

Impact of environmental changes on the zooplankton of the Boukerdane dam (Tipaza - Algeria)

Abstract

The Boukerdane dam on which the study is based has experienced a significant reduction in its water level in recent years due to high temperatures and low rainfall. As a result, this dam has become eutrophic. The heat waves observed during the summer season and the drop in the water level led to a drop in the amount of oxygen in the water, which caused the death of a large number of fish.

In this study we will see the impact of environmental changes related to a significant reduction in water level on the specific richness and abundance of the zooplankton species studied. Zooplankton sampling was carried out on a seasonal cycle during the year 2021 using a 50 µm plankton net. The study of the zooplankton population of the Boukourdane dam has identified 13 species belonging to three zoological groups: rotifers, copepods and cladocerans. The representative species of the Boukerdane dam are the rotifers *Polyarthra remata* which is a eurythermal and eutrophic species, *Asplanchna priodonta* and *Keratella cochlearis*. The latter generally develop strongly with the eutrophication of the environment. We note the setting up of eutrophic species: the rotifer *Brachionus calyciflorus*, which has not been previously reported in this dam. Six species previously reported in this dam have disappeared, represented by 2 species of cladocerans (*Ceriodaphnia reticulata* and *Leydigia quadrangularis*) and 4 species of rotifers (*Lecane luna*, *Synchaeta* sp, *Keratella quadrata* and *Ascomorpha* sp). Some of them are oligo-mesotrophic and others are qualified as cold waters. The copepod *Copidodiaptomus numidicus* and the rotifer *Polyarthra dolichoptera*, previously representative of the Boukerdane dam have become rare. The structure of zooplankton in the Boukerdane dam continues to evolve with an increase in eutrophic species to the detriment of oligo-mesotrophic species.

Keywords

Rotifers, Copepods, Cladocera, Boukerdane dam, Impact of drought, Algeria.

Introduction

Dans les écosystèmes aquatiques continentaux, les cycles de reproduction sont étroitement liés aux variations des conditions climatiques et soumis aux changements environnementaux et à la pression anthropique. Lorsque les perturbations sont importantes, l'écosystème peut perdre son aptitude à retrouver un état d'équilibre et perd sa capacité de résilience.

La dégradation des habitats est parmi les menaces les plus sérieuses de la perte de la biodiversité (RISERVATO *et al.*, 2009). Une baisse des niveaux d'eau pourrait avoir des conséquences néfastes sur les communautés floristiques et par conséquent sur les populations animales.

Les réponses du zooplancton induites par l'environnement sont considérées comme des amplificateurs révélateurs de modifications du milieu (TAYLOR *et al.*, 2002). Les retenues des barrages abritent une diversité zooplanctonique sous forme larvaire ou adulte se nourrissant de phytoplancton et de micro-organismes. Ces êtres microscopiques jouent un rôle déterminant dans les réseaux trophiques de ces lacs artificiels.

La retenue du barrage de Boukerdane sur laquelle porte l'étude a connu ces dernières années une réduction importante de son niveau d'eau suite à une faible pluviométrie et au pompage de ses eaux qui sont utilisées pour l'alimentation en eau potable des populations et pour l'irrigation des terres agricoles avoisinantes.

Dans cette étude, nous allons voir l'impact des changements environnementaux en relation avec une réduction importante du niveau de l'eau sur la richesse spécifique et les abondances des espèces de zooplancton étudiées.

Matériels et méthodes

Étude du milieu

Le barrage Boukerdane (36° 31' 40" Nord et 2° 18' 14" Est) est situé à une altitude de 119,5 m. Sa superficie est de 536 ha. Ce barrage est implanté sur l'oued El Hachem, situé dans la partie nord-ouest de la grande plaine de la Mitidja à environ 1,3 km du village de Sidi-Amar (wilaya de Tipaza), où les hautes barrières montagneuses qui limitent

le domaine oriental vers l'Ouest privent la région des apports de pluies. Au nord, il est distant de 11 km de la Méditerranée et au sud, il est délimité par la montagne de Bou-Maad (Figure 1a). Le barrage de Boukerdane se situe dans l'étage bioclimatique sub-humide à hiver tempéré. La période sèche s'étend sur quatre mois et demi, de mi-mai jusqu'à fin octobre. Les mois restants représentent la période humide. La température moyenne maximale (31,37°C) a été enregistrée en juillet 2021 et la minimale (6,36°C) en janvier 2021. Les précipitations moyennes mensuelles les plus élevées sont bien réparties durant les trois mois du printemps avec un maximum de 169 mm observé en avril 2021. La saison d'hiver est caractérisée par un mois sec (février) où les précipitations enregistrées avoisinent 1 mm.

Choix des stations

Pour l'étude de la physico-chimie de l'eau et du zooplancton, quatre stations ont été choisies (SA, SB, SC et SD) selon la profondeur, la présence de végétation, les principaux affluents qui se déversent au niveau du barrage, l'amont, l'aval du barrage et les terres agricoles (Tableau 1) (Figure 1b).

Échantillonnage

L'échantillonnage a été effectué durant trois saisons (l'automne, l'hiver et le printemps) de 2020-2021. Les prélèvements de la saison d'été n'ont pas été réalisés car le barrage était inaccessible à cause de la baisse accrue du niveau d'eau qui a conduit à une mortalité massive des poissons. Les prélèvements ont été effectués à différents niveaux de la colonne d'eau (surface, niveau moyen et profondeur). Avec la diminution du niveau d'eau au printemps, certaines stations ont été échantillonnées uniquement en surface et en profondeur. Les échantillons d'eau ont été prélevés à l'aide d'une bouteille hydrologique de type Niskin de 1 litre.

Paramètres environnementaux

Seize paramètres environnementaux ont été analysés. Certains paramètres ont été mesurés *in situ* : la transparence de l'eau en utilisant le disque de Secchi ; le pH, la température de l'eau (°C), l'oxygène dissous (mg/L), la salinité (PSU) et le taux des particules solides (TDS) à l'aide d'un multi-

Tableau 1

Caractéristiques et localisation des stations étudiées dans le barrage de Boukerdane.
Characteristics and locations of the study stations in the Boukerdane dam.

Stations	Caractéristiques	Coordonnées géographiques
A	Située à l'aval du barrage près de la prise d'eau, c'est la station la plus profonde (-9 m).	36°31'59,6"N, 2°18'23,2"E
B	Située à l'amont du barrage près de l'embouchure de l'oued Menacer. Elle est caractérisée par sa plus faible profondeur par rapport aux autres stations (-5 m). Terres agricoles sur toutes les berges de l'oued Menacer exploitant les eaux du lac pour l'irrigation.	36°31'30,5"N, 2°18'21,2"E
C	Située près de l'embouchure de l'oued Fedjana. Elle est proche des terres agricoles. Sa profondeur est -6.5 m.	36°31'19,5"N, 2°17'49,2"E
D	Située à l'aval du barrage, côté Est, cette station est caractérisée par une intense couverture végétale. Elle a une profondeur de -7 m. Elle est alimentée par les apports provenant de l'oued Fedjana.	36°31'37,2"N, 2°18'23"E

Tableau 2

Liste des espèces de zooplancton récoltées dans le barrage de Boukerdane.
List of zooplankton species collected in the Boukerdane dam.

Rotifères	Cladocères	Copépodes
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)	<i>Daphnia longispina</i> (O.F. Müller, 1776)	<i>Copidodiaptomus numidicus</i> (Gurney, 1909)
<i>Polyarthra dolichoptera</i> (Idelson, 1925)	<i>Diaphanosoma brachyurum</i> (Liévin, 1848)	<i>Acanthocyclops vernalis</i> (Fischer, 1853)
<i>Polyarthra remata</i> (Skorikov, 1896)	<i>Bosmina longirostris</i> (Jurine, 1820)	
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)		
<i>Branchionus calyciflorus</i> (Pallas, 1766)		
<i>Notholca squamula</i> (Müller, 1786)		
<i>Trichocerca</i> sp		
<i>Asplanchna priodonta</i> (Gosse, 1850)		

paramètre de type WTW 340i. Le dosage des autres paramètres chimiques (sulfate, orthophosphate, ammonium, carbonate, bicarbonate, calcium, magnésium, nitrate et les nitrites) a été réalisé au laboratoire de SEEAL (Kouba) de la wilaya d'Alger et au centre de traitement Mazafran (Sécurité - Alger - Alimentation en eau potable) de la commune de Douaouda de la wilaya de Tipaza.

Zooplancton

Pour le zooplancton, l'eau prélevée est ensuite filtrée à l'aide d'un filet planctonique dont le vide de maille est de 50 µm. Les échantillons ont été conservés en ajoutant quelques gouttes de formaldéhyde à 5 %. La détermination des espèces a été faite en consultant les clés d'identification de POURRIOT & FRANCEZ (1986) pour les rotifères, de DUSSART (1967, 1969) pour les copépodes et d'AMOROS (1984) pour les cladocères.

Analyses Multivariées

Analyse canonique des correspondances

Pour étudier la relation entre les stations (4 stations), les variables environnementales et les espèces de zooplancton, nous avons opté pour l'Analyse Canonique des Correspondances (ACC) utilisant ADE4 comme logiciel, car elle permet de comprendre les combinaisons linéaires qui existent entre un groupe de variables à expliquer et un autre groupe de variables explicatives.

Résultats

Paramètres environnementaux (Tableau 3)

En automne, les eaux du barrage de Boukerdane sont pauvres en oxygène (5 mg/L), excepté pour la station A qui présente une teneur de 9 mg/L (station située en aval du barrage). En hiver et au printemps, toutes les stations

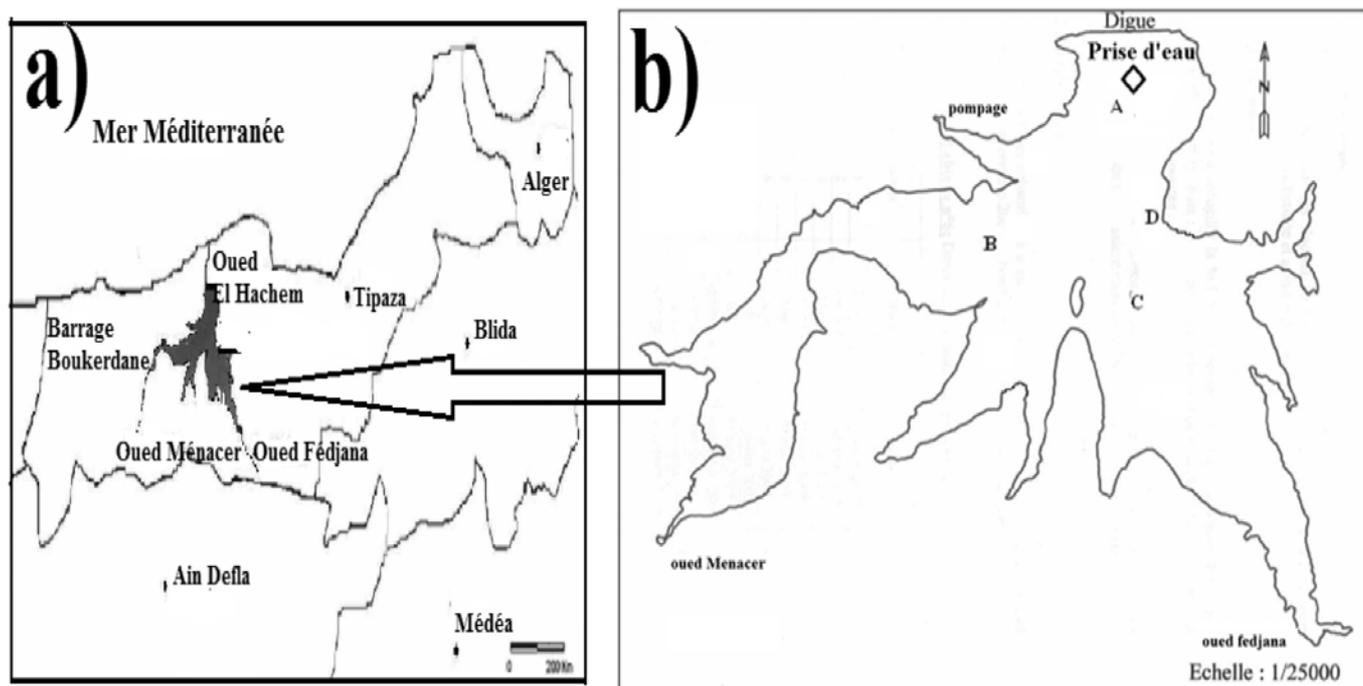


Figure 1

Situation géographique du barrage de Boukerdane, b) Localisation des stations d'étude dans la retenue de Boukerdane.
Geographical location of the Boukerdane dam, b) Location of study stations in the Boukerdane dam.

Tableau 3

Paramètres environnementaux et densités des espèces enregistrées dans les différentes stations étudiées en fonction des saisons dans le barrage de Boukerdane.

Chaque station est suivie par la saison (a : automne ; h : hiver ; p : printemps) et le niveau de prélèvement (S : surface ; P : profondeur).

Environmental parameters and densities of species recorded in the different study stations according to the seasons

in the Boukerdane dam. Each station is followed by the season and the level of sampling.

et espèces Stations	T°	pH	O ₂	TDS	NH4	NO ₂	NO ₃	PO ₄	Cl	Ca	CO ₃	HCO ₃	SO ₄	Mg	BI	DI	Av	Kc	Bc	Pr	Ap
StAaS	22.1	7.84	8.1	300	0.056	0.031	3.62	0.046	78.1	78.74	108	231.8	90	19.68	20	20	0	0	0	20	40
StBaS	22.51	8.25	4.86	421	0.026	0.02	2.55	0.04	71	84	60	256.2	92.5	15.12	20	0	20	20	0	60	80
StCaS	23.99	7.98	5.05	412	0.1	0.064	2.76	0.08	85.2	78	18	122	98.8	17.04	0	0	20	0	0	40	0
StDaS	23.42	6.95	4.19	414	0.056	0.025	2	0.05	85.2	74.4	0	195.2	92	18.48	0	0	20	0	0	40	80
StAaP	21.46	7.78	8	350	0.084	0.035	3.4	0.056	4.55	76	120	207.4	96	19.2	20	80	20	20	20	60	40
StBaP	22.82	7.48	5.01	407	0.03	0.018	2.43	0.032	63.9	80	54	244	88	10.8	60	40	20	0	0	20	80
StCaP	23.64	7.26	4.72	416	0.083	0.035	2.81	0.076	90.5	83	12	170.8	103	14.49	40	0	40	0	0	60	20
StDaP	23.5	7.73	4.94	405	0.073	0.021	1.88	0.038	78.1	72	0	183	89.1	18.72	20	20	0	0	0	40	20
StAaS	17.87	8.57	7.2	553	1.25	0.04	1.8	0.038	135	71	0	250	151	35	20	40	20	0	0	20	20
StBhS	18.49	8.57	7.27	449	1.2	0.04	1.6	0.03	103	70	0	254	150	34	0	20	0	0	0	60	20
StChS	18.38	8.54	7.1	462	1.3	0.04	1.7	0.04	108	72	0	240	155	35	0	0	20	0	0	20	20
StDhS	18.91	8.48	7.42	452	1.25	0.04	1.7	0.034	104	71	0	240	151	35	0	0	20	0	0	80	0
StAaP	18.65	8.85	7.67	451	1.3	0.06	1.9	0.03	108	70	0	250	152	35	0	0	20	0	0	80	60
StBhP	20.05	8.49	7.24	454	1.4	0.05	1.4	0.035	105	71	0	250	154	35	20	0	0	0	0	60	20
StChP	19.35	8.49	6.84	459	1.5	0.04	1.9	0.025	108	73	0	250	157	35	0	0	20	0	0	60	60
StDhP	17.07	8.55	8.14	451	1.15	0.04	1.8	0.03	104	71	0	240	151	35	0	20	40	0	0	20	20
StApS	21.18	8.53	7.88	495	0.8	0.04	1.8	0.049	115	77	0	260	165	35	20	20	0	0	0	0	0
StBpS	20.2	8.48	6.08	480	0.55	0.04	1.8	0.045	113	78	0	250	169	36	0	0	20	20	0	60	80
StCpS	20.07	8.32	7.18	466	0.7	0.04	1.8	0.045	114	78	0	250	169	36	20	20	0	0	0	20	0
StDpS	20.37	8.24	7.16	469	1.1	0.04	1.8	0.045	113	76	0	240	169	36	20	20	40	0	40	0	20
StApP	21.28	8.48	7.28	487	0.65	0.08	1.8	0.045	115	79	0	250	171	36	20	40	0	0	0	0	20
StBpP	20.02	8.29	5.83	487	1.2	0.09	1.8	0.14	113	77	0	260	164	35	80	60	20	0	0	0	60
StCpP	19.8	8.29	8.07	474	0.7	0.06	1.8	0.05	115	78	0	250	168	36	20	40	0	0	0	0	0
StDpP	19.51	8.1	6.43	475	0.7	0.04	1.8	0.045	115	77	0	250	167	36	0	0	0	0	20	20	20

étaient bien oxygénées. Les teneurs varient entre 6 et 8 mg/L. La teneur en oxygène dissous diminue avec la profondeur. Les valeurs du pH varient globalement entre 7 et 8,6. La transparence de l'eau varie entre -0,4 et -0,9 m. La valeur maximale est observée au printemps au niveau de la station A (phénomène de décantation vu sa profondeur). La salinité des eaux du barrage de Boukerdane est stable (0,55 PSU). Les eaux du barrage sont turbides (TDS= 500 mg/L). Les teneurs maximales des nitrates ont été relevées en automne (3,64 mg/L). Les valeurs des orthophosphates sont faibles (0,078 mg/L).

Zooplancton

Le barrage de Boukerdane abrite 13 espèces de zooplancton représentées par 8 espèces de rotifères, 3 espèces de cladocères et 2 espèces de copépodes (Tableau 2).

Remarque : en 2008 CHERBI *et al.*, ont identifié *Acanthocyclops trajani* dans le barrage de Boukerdane. Selon MIRACLE *et al.* (2013), cette espèce est un synonyme de *Acanthocyclops americanus* (Marsh, 1892).

Évolution saisonnière de la densité des différentes espèces du zooplancton dans le barrage de Boukerdane

Sur les 13 espèces de zooplancton récoltées, uniquement 7 espèces ont été retenues pour l'étude quantitative. Les espèces exclues de cette étude présentent de très faibles densités et sont représentées par *Copidodiaptomus numidicus*, *Diaphanosoma brachyurum*, *Polyarthra dolichoptera*, *Filinia longiseta*, *Notholca squamula* et *Trichocerca* sp.

L'automne est caractérisé par une abondance du groupe des rotifères représenté par *Asplanchna priodonta* avec une densité maximale de 360 ind/L, suivi par celle de *Polyarthra remata*.

En hiver, les rotifères apparaissent avec une densité importante (400 ind/L) représentés par l'espèce *Polyarthra remata* suivie par celle de *Asplanchna priodonta* et en dernier les copépodes avec une densité de 140 ind/L représentés par *Acanthocyclops vernalis* et les cladocères avec moins de 50 ind/L représentés par *Daphnia longispina* et *Bosmina longirostris*.

Au printemps, les rotifères montrent une densité presque égale à 200 ind/L, attribuée à l'espèce *Asplanchna priodonta*, suivie par celles des cladocères, représentés par *Daphnia longispina* et *Bosmina longirostris*. De très faibles densités ont été observées pour les copépodes.

Évolution saisonnière de la dominance des différents groupes de zooplancton dans le barrage de Boukerdane

En automne, le cladocère *Daphnia longispina* domine les autres groupes, dans trois stations : la station A (50 %), la station D (39 %) et la station B (18 %). En revanche, dans la station C (SC) c'est le groupe des rotifères qui domine (*Asplanchna priodonta* et *Polyarthra remata*). Les copépodes (*Acanthocyclops vernalis*) sont présents dans deux stations uniquement, la station A (SA) et la station D (SD), caractérisées par leurs profondeurs.

Tableau 4

Liste des espèces de zooplancton et les codes correspondants.
List of zooplankton species and corresponding codes.

Espèces	Codes
<i>Asplanchna priodonta</i>	Ap
<i>Bosmina longirostris</i>	Bl
<i>Daphnia longispina</i>	DI
<i>Polyarthra remata</i>	Pr
<i>Brachionus calyciflorus</i>	Bc
<i>Keratella cochlearis</i>	Kc
<i>Acanthocyclops vernalis</i>	Av

En hiver, le groupe dominant est celui des rotifères représenté par l'espèce *Asplanchna priodonta* dans trois stations (SA, SC, et SD) dépassant 40 %. En revanche, dans la station B (SB), les rotifères et les cladocères (*Bosmina longirostris*) codominent. Les copépodes représentés par *Acanthocyclops vernalis* sont rares et sont présents dans une seule station (SA).

Au printemps, le rotifère dominant est représenté par *Polyarthra remata* dans les quatre stations, dépassant 40 % dans la station A et la station C.

Analyse multivariée

L'analyse canonique des correspondances (ACC) montre quatre groupes d'espèces de zooplancton (Figure 2) :

- **Groupe 1**, formé de trois espèces de rotifères (*Asplanchna priodonta* (Ap), *Keratella cochlearis* (Kc) et *Polyarthra remata* (Pr), corrélé à toutes les stations en automne et quelques stations en hiver. Le groupe 1 semble exclu au printemps, caractérisé par les paramètres physico-chimiques suivants : température de l'eau (Teau), calcium (Ca) et bicarbonate (HCO_3^-) ;
- **Groupe 2**, formé par une seule espèce, il s'agit d'une espèce de copépode (*Acanthocyclops vernalis* (Av) dans la station C et la station D en hiver, caractérisées par la turbidité (TDS), pH, Magnésium (Mg), SO_4 et l'ammonium (NH_3^+) ;
- **Groupe 3**, formé de deux espèces, il s'agit de deux cladocères (*Bosmina longirostris* (Bl) et *Daphnia longispina* (DI)), corrélé à deux stations, en printemps : Station A en surface (StpS) et station C en profondeur (StCpP), caractérisées par les carbonates (CO_3), nitrates (NO_3), nitrites (NO_2) et orthophosphates (PO_4) ;
- **Groupe 4**, formé par une seule espèce, il s'agit du rotifère *Brachionus calyciflorus* (Bc) corrélé à une seule station en printemps : station D en surface (STDpS), caractérisée par une teneur élevée de l'oxygène.

Discussion

D'après les résultats des années précédentes (KALOUN, 2008 ; CHERBI *et al.*, 2008), 6 espèces de zooplancton ont disparu de la retenue de Boukerdane, soit 2 espèces de cladocères (*Ceriodaphnia reticulata* et *Lydia quadragularis*) et 4 espèces de rotifères (*Lecane luna*, *Syncheata* sp., *Keratella*

chionus calyciflorus, *Acanthocyclops vernalis* nous renseignent sur l'eutrophisation du barrage de Boukerdane.

Les rotifères *Filinia longiseta*, *Notholca squamula* et *Trichocerca* sp sont des espèces oligo-mésotrophes (BALVAY, 1989).

Le cladocère *Diaphanosoma brachyurum*, espèce sténotherme d'eau chaude, était presque absent durant les trois saisons d'étude. Elle était bien représentée en été (CHERBI *et al.*, 2008 ; KALOUN, 2008).

La diminution du niveau d'eau favorise la compétition et la prédation entre les espèces. *Asplanchna priodonta* est la seule forme prédatrice dans la communauté pélagique des rotifères (POURRIOT & CHAMP 1982). À son maximum de développement correspond en effet une chute des effectifs des petites formes rotifériennes. Inversement, la densité de ces mêmes populations augmente dès que la densité de *Asplanchna priodonta* diminue (RCY, 1988). Ceci a été observé au printemps dans le barrage de Boukerdane lorsque *Polyarthra remata* est devenue l'espèce dominante avec la diminution de la densité de *Asplanchna priodonta*. En hiver, c'est le phénomène inverse qui est observé. Les densités élevées de *Polyarthra remata* ont été trouvées en profondeur.

Les copépodes sont représentés par l'espèce *Acanthocyclops vernalis* surtout par des mâles et des stades juvéniles (copépodites). Les femelles porteuses de sacs ovigères sont facilement capturées par les poissons zooplanctonophages car l'efficacité de capture et le mode de sélection des proies est largement fonction de la vitesse d'échappement de la proie (KERFOOT *et al.*, 1980) d'une part et d'autre part de la taille et du comportement alimentaire des poissons (O'BRIEN, 1987).

Dans cette étude, nous avons observé beaucoup d'individus du rotifère *Polyarthra dolichoptera* portant des œufs de durée. La modification de morphologie (remplacement des individus asexués par des individus sexués) chez le zooplancton est en relation avec la photopériode ou après de brusques modifications de l'environnement (STELZER, 2005) : dans ce cas, la baisse du niveau de l'eau liée à la faible pluviosité et aux températures élevées.

L'analyse canonique des correspondances (ACC) a permis de déterminer trois groupes d'espèces appartenant chacun à un groupe zoologique différent. Chaque groupe est caractérisé par un certain nombre de paramètres environnementaux et les saisons qui favorisent son développement. Les rotifères, qui forment le groupe 1, prospèrent en automne et en hiver. Dans cette étude, nous remarquons que les rotifères caractéristiques du barrage de Boukerdane sont représentés par *Polyarthra remata* qui est une espèce eurytherme et eutrophe se développant aussi dans les milieux pauvres en oxygène (BERZING & PEJLER, 1989) et par *Asplanchna priodonta* et *Keratella cochlearis* qui sont eurytrophes et se développent en général fortement avec l'eutrophisation du milieu.

Les copépodes qui forment le groupe 2, représentés par *Acanthocyclops vernalis*, ont été observés en hiver dans les stations caractérisées par une profondeur supérieure à -5 m. Plus le niveau eutrophique du lac est élevé, plus il est probable qu'une population d'*A. vernalis* soit présente (BALCER *et al.*, 1984), sa présence dans les zones littorales dans des conditions de lacs principalement eutrophes fait

potentiellement d'*Acanthocyclops vernalis* un bon indicateur de l'état trophique de l'écosystème lacustre. Ces organismes se nourrissent de *Bosmina*, *Ceriodaphnia reticulata* et même de leurs propres nauplii (BALCER *et al.*, 1984). Selon LI & LI (1979), *Asplanchna*, *Diaphanosoma* et *Diaptomus* sont les proies préférées d'*A. vernalis*. Cependant, la reproduction dépend fortement de la température ; des températures extrêmement élevées provoquent la dormance et les basses températures ralentissent la reproduction. Lorsque les températures sont favorables (20°C), *A. vernalis* produit de nombreux petits descendants, mais lorsque les températures chutent (7 à 10°C), les adultes produisent des descendants qui sont plus gros et moins nombreux (LI & LI, 1979).

Les cladocères *Bosmina longirostris* et *Daphnia longispina* forment le groupe 3 se développant au printemps. *Bosmina longirostris* est une espèce planctonique eurytherme commune (AMOROS, 1984), tandis que *Daphnia longispina* est une espèce eutrophe.

On note l'installation dans ce barrage du rotifère *Brachionus calyciflorus* qui forme le groupe 4 et qui marque sa présence au printemps. Cette espèce n'a pas été signalée auparavant dans ce barrage. Comme conséquence du réchauffement climatique, on assiste à l'installation des espèces thermophiles.

Conclusion

Bien que la composition taxonomique du zooplancton soit dans ses grandes lignes comparable à celles des années précédentes, la structure du zooplancton dans la retenue de Boukerdane poursuit une évolution se traduisant par une augmentation des espèces eutrophes au détriment des espèces oligo-mésotrophes. Ceci est en relation avec la baisse accrue du niveau d'eau du barrage, liée au réchauffement climatique conduisant le barrage de Boukerdane vers un état eutrophe. Comme conséquence, on assiste à une régression de beaucoup d'espèces (*Copidodiaptomus numidicus*, *Diaphanosoma*, *brachyurum*, *polyarthra dolichoptera*, *Filinia longiseta*, *Notholca squamula* et *Trichocerca* sp.) voire même à la disparition d'espèces oligo-mésotrophes (comme *Notholca squamula*). Actuellement, le barrage de Boukerdane abrite des espèces pouvant vivre dans des milieux eutrophes (*Acanthocyclops vernalis*, *Polyarthra remata*, *Asplanchna priodonta*, *Brachionus calyciflorus* et *Keratella cochlearis*).

Quelques espèces de rotifères fournissent un bon exemple d'indicateurs écologiques pour un facteur limitant (température). Diverses espèces du genre *Notholca*, sont liées aux eaux froides.

Références

- AMOROS, C. (1984).- Crustacés cladocères. *Bull. Mens. Soc. Linn. Lyon*, **3**, 72-107.
- BALCER, M.D, KORDA, N.L., DODSON, S.I. (1984).- *Zooplankton of the Great Lakes; A guide to the identification and ecology of the common crustacean species*. The University of Wisconsin Press, pp. 93-95.

- BALVAY, G. (1989).- Évolution de la biocénose rotatorienne au cours des variations de l'état trophique du Léman et comparaison avec le lac de Constance. *Revue des Sciences de l'eau* (2), pp. 739-753.
- BERZING, B. & PEJLER, B. (1989).- Rotifer occurrence in relation to temperature. *Hydrobiologia*, **175**, 223-231.
- BILLARD, R. & MARIE, D. (1980).- La qualité des eaux de pisciculture et son contrôle. In: R. Billard (ed.). *La Pisciculture en étang*. Paris, INRA, pp. 101-127.
- CARAMUJO, M.J. & BOAVIDA, M.J. (2000).- The seasonal dynamics of *Copidodiaptomus numidicus* (Gurney, 1909) and *Thermocyclops dybowskii* (Lande, 1890) in Castello-Bode Reservoir. *Aquatic Ecology*, **34** (2), 143-153.
- CHERBI, M., LEK-ANG, S., LEK, A. & ARAB, A. (2008).- Distribution du zooplancton dans les lacs à climat méditerranéen. *Comptes Rendus Biologies*, **331**, 692-702.
- DUSSART, B. (1967).- *Les Copépodes des eaux continentales d'Europe occidentale*. Vol. I : *Calanoïdes et Harpacticoïdes*. Paris, Éd. Boubée & Cie, 500 p.
- DUSSART, B. (1969).- *Les Copépodes des eaux continentales d'Europe occidentale*. Vol. II: *Cyclopoïdes et Biologie*. Paris. Éd. Boubée & Cie, 292 p.
- KALOUN, S. (2008).- *Estimation des potentialités aquacoles du système lacustre du barrage de Boukourdane*. Thèse de Magister. Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Faculté des Sciences Biologiques. 63 p.
- KERFOOT, W.C., KELLOGG, D.L. & STRICKLER, J.R. (1980).- Visual observations of live zooplankton: evasion, escape and chemical defenses. In: Kerfoot W.C. (Ed.), *Evolution and ecology of zooplankton communities*. University press of New England, pp. 10-27.
- LI, J.L. & LI, H.W. (1979).- Species-specific factors affecting predator-prey interactions of the Copepod *Acanthocyclops vernalis* with its natural prey. *Limnology and Oceanography*, **24** (4), 613-626.
- MIKSCHI, E. (1989).- Rotifer distribution in relation to temperature and oxygen-content. *Hydrobiologia*, **186**, 209-214.
- MIRACLE, M.R., ALEKSEEV, V.R., MONCHENKO, V., SENTANDREU, V. & VICENTE, E. (2013).- Molecular-genetic-based contribution to the taxonomy of the *Acanthocyclops robustus* group. *J. Nat. Hist.*, **47**, 863-888.
- O'BRIEN, W.J. (1987).- Planktivory by fresh-water fish: Thrust and Parry in the pelagia. In: KERFOOT, W.C. & SIH, A. (Eds.), *Predation direct and indirect impacts on aquatic communities*. University Press of New England, pp. 3-16.
- POURRIOT, R. (1976).- Réflexions sur les rotifères en tant qu'indicateurs biologiques. *Bull. Fr. Piscic.* (1976), **260**, 148-152.
- POURRIOT, R. & CHAMPS, P. (1982).- Consommateurs et production secondaire, 2 : 49-112. In Pourriot et al., *Écologie du plancton des eaux continentales*. Paris, Éd. Masson.
- POURRIOT, R. & FRANCEZ, A.J. (1986).- Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises – 8. Rotifères. *Bull. Mens. Soc. Linn. Lyon*, **55** (5), 148-176.
- RCY, J. (1988).- Étude comparée de la dynamique du zooplancton de trois réservoirs d'altitude et d'un lac naturel dans les Pyrénées. *Anns Limnol.*, **24** (2), 139-160.
- RISERVATO, E., BOUDOT, J.P., FERREIRA, S., JOVIC, M., KALKMAN, V.J., SCHNEIDER, W., SAMRAOUI, B. & CUTTELOD, A. (2009).- *The status and distribution of dragonflies of the Mediterranean Basin*. Éd. IUCN, Gland (Suisse), Cambridge (Royaume Uni) et Malaga (Espagne), **VII**, pp. 1-33.
- STELZER, C.P. (2005).- Évolution of rotifer life histories. *Hydrobiologia*, **546**, 335-346.
- TAYLOR, A.H., ALLEN, J.I. & CLARK, P.A. (2002).- Extraction of a weak climatic signal by an ecosystem. *Nature*, **416** (6881), 629-632.
- VIRRO, T. (1995).- The genus *Polyarthra* in Lake Peipsi. *Hydrobiologia*, **313-314** (1), 351-357.