

Écologie / Ecology

Distribution du zooplancton dans les lacs à climat méditerranéen

Malika Cherbi^a, Sithan Lek-Ang^b, Sovan Lek^b, Abdeslem Arab^{a,*}

^a Université des sciences et de la technologie Houari-Boumediène, faculté des sciences biologiques, BP 32, El Alia, Alger, Algérie

^b Laboratoire « Évolution et diversité biologique » (EDB), UMR 5174, CNRS–université Paul-Sabatier, 118, route de Narbonne, 31062 Toulouse cedex 4, France

Reçu le 12 avril 2008 ; accepté après révision le 11 juin 2008

Disponible sur Internet le 8 août 2008

Présenté par Pierre Buser

Résumé

Les variations thermiques parfois brutales et les précipitations irrégulières et violentes concentrées sur de courtes périodes caractérisent le climat méditerranéen. La structure du peuplement zooplanctonique a été analysée au cours d'une année dans trois réservoirs (lacs de barrage) algériens, de situations géographiques et climatiques différentes, en relation avec les facteurs abiotiques (température, oxygène dissous, pH, MES, carbonates, sels nutritifs azotés et phosphorés). Une analyse canonique de correspondance a été utilisée pour estimer l'influence des facteurs abiotiques sur la distribution temporelle. L'un des lacs de barrage étudiés est situé dans le Nord de l'Algérie, dans la région subhumide : c'est le lac de Boukourdane ; les deux autres sont localisés dans le Sud du pays, dans la zone aride : il s'agit de Foum El Ghorza et Djorf Torba. L'analyse des paramètres environnementaux indique qu'il existe une variation saisonnière dans les trois réservoirs. Dans le lac de Foum El Ghorza, les variations de la température et de l'hydrologie liées au climat aride affectent la concentration de l'oxygène dissous, qui diminue fortement (1,5 mg/l), entraînant une diminution du pH ; les MES, parfois élevées, provenant du bassin versant dénudé provoquent une turbidité dans ce lac peu profond. L'étude de la distribution des espèces a permis de mettre en évidence une variation temporelle saisonnière. Le lac de barrage de Boukourdane, dans la zone subhumide, présente une richesse spécifique élevée ($SR = 13$). Les différentes espèces évoluent en alternance au cours du cycle annuel. L'espèce représentative de ce lac est *Copidodiaptomus numidicus*, caractéristique de la zone pluvieuse et endémique de l'Ouest de la Méditerranée, dominante (67%) au printemps. *Diaphanosoma brachyurum*, espèce sténotherme d'eau chaude, est commune aux deux lacs ; elle évolue particulièrement en été (51,3%) à Boukourdane, alors qu'elle est pérenne et dominante (55%) au printemps à Djorf Torba. La richesse spécifique est plus faible à Djorf Torba ($SR = 7$) et à Foum El Ghorza ($SR = 6$). Les espèces récoltées dans ces deux lacs sont communes et cosmopolites, mais elles se sont adaptées aux conditions extrêmes du climat aride. Néanmoins, les espèces évoluant dans le lac de barrage de Foum El Ghorza ont subi un déclin important, qui a réduit le nombre d'espèces et leur densité pendant la période été–automne. On peut dire ainsi que, dans les réservoirs étudiés, les facteurs hydrologiques et la température liés au climat méditerranéen seraient l'une des causes principales de la distribution temporelle des espèces. **Pour citer cet article : M. Cherbi et al., C. R. Biologies 331 (2008).**

© 2008 Académie des sciences. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Abstract

Distribution of zooplankton community in Mediterranean-climate lakes. The sometimes sharp thermal variations and irregular precipitations and force concentrated over short periods characterize the Mediterranean climate. The structure of the

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : abdeslama@yahoo.fr (A. Arab).

zooplanktonic settlement was analyzed during one year in three Algerian reservoirs (lakes) with different geographical and climatic situation, in relation to abiotic factors (temperature, dissolved oxygen, pH, suspended matter, carbonates, nitrogenized and phosphorated nutritive salts). A canonical correspondence analysis was used to estimate the influence of the abiotic factors on the temporal distribution. The studied lakes are located, on the one hand, in northern Algeria, in a sub-humid area (Lake Boukourdane) and, on the other hand, in the South of the country, in the arid region (Foum El Ghorza and Djorf Torba). Analysis of the environmental parameters indicates that there is a seasonal variation in the three reservoirs. In Lake Foum El Ghorza, the temperature and hydrology variations, linked with the arid climate, affects the concentration of dissolved oxygen, which strongly decreases (1.5 mg/l), involving a pH reduction; suspended matters are sometimes high, coming from the stripped catchment area, causing a turbidity in this not very deep lake. The study of the distribution of the species allowed us to highlight a seasonal temporal variation. Lake Boukourdane, in the sub-humid zone, has an increased specific richness ($SR = 13$). The various species evolve in alternation during the annual cycle. The representative species of this lake is *Copidodiaptomus numidicus*, characteristic of the rainy and endemic zone of the western Mediterranean; it is dominant (67%) in the spring. The stenothermal species *Diaphanosoma brachyurum*, endemic of hot waters, is common to the two lakes; it evolves particularly in the summer (51.3%) at Boukourdane, whereas it is perennial and dominant (55%) in the spring at Djorf Torba. The specific richness is lower in Djorf Torba ($SR = 7$) and in Foum El Ghorza ($SR = 6$). The species collected in these two lakes are common and cosmopolitan, but they are adapted to the extreme conditions of the arid climate. Nevertheless, the species evolving in Lake Foum El Ghorza have undergone a significant decline, which has reduced the number of species and their density in the summer–autumn period. Thus, we can say that in the studied lakes, the hydrological factors and the temperature related to the Mediterranean climate would be two of the principal causes of the temporal distribution of the species. **To cite this article:** M. Cherbi et al., C. R. Biologies 331 (2008).

© 2008 Académie des sciences. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Mots-clés : Afrique du Nord ; Distribution temporelle ; Zooplancton ; ACP ; ACC

Keywords: North Africa; Temporal dynamics; PCA; CCA; Zooplankton

Abridged English version

The development of the zooplanktonic settlement of the lakes is thus influenced by the environmental characters and the biotic interactions. The studied tanks are located in the Mediterranean basin. The goal of our work is to compare the settlement zooplanktonic evolution of three storage reservoirs located in areas under different climate, with the aid of physicochemical analyses of their water, allowing us to determine this distribution, and of multivariate analysis (PCA and CCA).

Three study sites were selected: the storage reservoir of Boukourdane is located in the Centre of northern Algeria (Tipaza), in an area subjected to a sub-humid climate (average pluviometry: 500 mm), with a depth of 40 m; the storage reservoir of Foum El Ghorza, located to the south-east (Biskra) with an arid climate (average pluviometry: 150–300 mm) and fed by the wadi El Abiod, whose violent risings would be lost in the Chott Mehrir, whose depth is 10 m; the storage reservoir of Djorf Torba, located to the southwest (Béchar), with an arid climate, fed by the Ghir wadi, taking its source in Morocco. In each lake, we have realised, during one year in four stations several samplings on two levels: horizontal (on the surface), using a planktonic net (100 μm), and vertical (in-depth), using a one-litre bottle with inversion.

Physicochemical analysis of water was carried out with a multi-parameter analyzer in the field and at the laboratory. The sampled zooplankton was identified, counted through calculation of the specific richness, density, predominance, and multivariate analyses. The results obtained highlighted the characteristics of the medium and the structure of the zooplankton. Analysis of the physicochemical parameters shows sometimes differences between the three lakes, which can be seen in the results of the PCA: the PCA allowed the 11 environmental parameters to be taken into account simultaneously, with a view to visualizing the special reservoir assemblage within the studied area. After logarithmic transformation of the variables, the PCA's first and second axis accounted for 31.91 and 19.41% of the total variance, respectively. Considering correlation and contributions, the first axis showed that Djorf Torba was primarily determined by the strong values of phosphates, suspended matter and chlorides. Djorf Torba has low chlorophyll *a* and nutrient (NO_2 and NO_3) contents and appears in PCA by a position opposed to those of PO_4 , suspended matter and Cl ; conversely, Foum El Ghorza is strongly correlated with the following physicochemical parameters: NO_2 , NO_3 , calcium, sulphates, and chlorophyll *a*. The second axis showed that Lake Boukourdane is characterized by its strong correlation with carbon and the pH, sulphates and calcium being very slightly represented.

The one-year study of the zooplanktonic settlement consisted in the description of the specific composition and the distribution of the collected species. Lake Boukourdane has a specific richness $SR = 13$. It is colonized by the two Copepoda: *Copidodiaptomus numidicus* with a predominance of 67% in spring, accompanied by species *Acanthocyclops trajani* (5%).

Cladocera are diversified, with a codominance of three species (40.8%) at the end of spring: *Daphnia longispina*, *Ceriodaphnia reticulata*, and *Diaphanosoma brachyurum*. The latter is the only Cladocera species dominating in the summer (51.3%). Rotifera show a variation of their significant abundance in the winter (86.3%), with four species, among which *Polyarthra remata*.

In Lake Fom El Ghorza ($SR = 6$), *Tropocyclops prasinus* develops, with a predominance (62.1%) in the spring, downstream from the lake.

Cladocera and Rotifera are little represented in the two reservoirs of the arid region; among these two groups we find, in Fom El Ghorza, two species of Cladocera, with low density, among which *Macrothrix hirsuticornis* and *Ceriodaphnia quadrangulata*. Rotifera are represented only by the two species *Brachionus calyciflorus* and *Keratella tropica*. Lake Djorf Torba ($SR = 7$) is colonized by two species of perennial Copepoda, among which *Lovenula Neolovenula alluaudi* presents a significant development in the winter (87%). *Diaphanosoma brachyurum* is the only dominant species of Cladocera in the spring (55%). Rotifera represent a minority of the settlement, with a low density.

Analysis of the parameters of the medium makes it possible to explain the species distribution in the three reservoirs. This is done according to the first two factorial axes of the CCA, accounting for 68% of inertia.

This relation is significant, and is particularly evident with, on the one hand, nutrients (NO_2 , NO_3), chlorophyll *a* and calcium, with species such as *B. calyciflorus* and *M. hirsuticornis*. Chlorides and suspended matters are correlated with *L. N. alluaudi*, *E. serrulatus*, and *K. valga*. pH and carbon are in close relation with the species *P. dolichoptera* and *M. hirsuticornis*. Finally, phosphates are correlated with *D. brachyurum*.

Analysis of the environmental parameters, of the specific composition and of the distribution of the species makes it possible to characterize each one of the three lakes. Lake Boukourdane has the highest specific richness, because it is located in the sub-humid rainy area, soft and moderated climate Mediterranean climate supporting the development of several species in alternation during the annual cycle. The presence of *Copidodiap-*

tomus numidicus, an herbivorous species, characteristic of the rainy and endemic zone of the West of the Mediterranean, collected in this lake, is in agreement with the geographical and ecological characteristics of this species.

Conversely, the two other lakes, Fom El Ghorza and Djorf Torba, of the arid region display a reduction in the number of species, in relation to the characteristics of the medium. Among these particular characteristics, the catchment area and the lake are often located on a saline ground, where high temperatures cause salt dissolving in water. Precipitations are irregular and often violent, carrying risings that are at the origin of the presence of suspended matter, nitrates and phosphorus coming of the stripped area catchment, and sometimes involving a strong temporal turbidity, characteristic of the arid and Saharan regions. Analysis of the CCA significantly shows the correlation of chlorides and suspended matter with the species of Lake Djorf Torba.

The characteristics of the medium have a consequence in the two lakes of the arid area. In Fom El Ghorza, the hydrology and the temperature linked with the arid climate support the existence of the two periods of abundance, which are opposed during the year: one period in the winter and the spring, favourable to the development of the zooplankton, and a period in the summer and the autumn, characterized by a significant decline, reducing the number of species and their density. *T. prasinus* represents the essence of the zooplankton in Lake Fom El Ghorza, whose distribution is done according to the lake's upstream–downstream longitudinal axis. This distribution is probably in relation to the nutritive elements (NO_2 and NO_3 indicated in the multivariate analysis) coming from the wadi El Abiod.

The common species collected in the two lakes is *D. brachyurum*. It is collected particularly in the spring and the summer in the Boukourdane sub-humid area, whereas it is perennial in the arid region lake of Lake Djorf Torba. It is a stenothermal hot-water species, which develops in the hot period at a temperature of 20–25 °C. From this observation in the two lakes, we can say that this temperature interval can be regarded as a factor limiting to the maximum the development of this species.

Comparative study of the three lakes reveals the existence of two different mediums related to the diversified climatic and hydrological conditions in Algeria, under Mediterranean climate. Lake Boukourdane (sub-humid) shelters several species, indicating a balanced medium, favourable to the successive development of these species, with an endemic species representative

of the conditions of the medium and of its geographical situation. Lakes Foum El Ghorza and Djorf Torba are little diversified. The collected species in Foum El Ghorza and Djorf Torba are cosmopolitan and Palaearctic species that resisted and adapted to the extreme climatic conditions of arid area. Thus, the hydrological factors and the temperature related to the climate would be two of the principal causes of the temporal variations of the species.

1. Introduction

Selon [1], les écosystèmes aquatiques sont le siège de phénomènes chimiques, physiques et biologiques, et apparaissent comme une ressource limitée et fragile menacée par les atteintes à l'environnement. De nombreux travaux ont été consacrés à la caractérisation des facteurs physicochimiques et à la structure du peuplement zooplanctonique. La distribution spatiotemporelle du peuplement planctonique, déterminant le fonctionnement de l'écosystème lacustre, est liée aux variations de plusieurs facteurs. L'évaluation de ces facteurs déterminant la distribution des espèces zooplanctoniques constitue un point central en écologie du zooplancton ; il est fréquemment difficile d'isoler les causes primaires qui expliquent la variation de l'abondance [2], bien que, parfois, certains facteurs abiotiques, tels que les précipitations, le vent, ou la turbidité, ont été identifiés en tant que facteurs critiques dans l'évolution saisonnière du zooplancton [3]. D'autres auteurs [4,5] ajoutent que la composition, l'abondance et la dynamique du zooplancton sont structurées par l'environnement et l'interaction biotique.

Le Bassin méditerranéen est caractérisé par un climat doux et tempéré, défini par un hiver humide et frais [6], avec une forte sécheresse estivale. Les variations thermiques sont parfois brutales ; les précipitations irrégulières et violentes sont concentrées sur de courtes périodes, avec une alternance de période de crues et de période de sécheresse. Ces caractéristiques climatiques sont importantes, avec des conséquences significatives sur le fonctionnement des écosystèmes lacustres : c'est ainsi que la turbidité de l'eau peut être élevée lors des crues et que la concentration des éléments nutritifs est plus accentuée en période de sécheresse, provoquant une détérioration progressive de la qualité de l'eau. Ces conséquences sont surtout observées dans les lacs soumis à des climats arides et sahariens. L'écologie de ces lacs arides a été peu étudiée ; on peut citer quelques travaux concernant l'eutrophisation dans les zones semi arides [7,8], ou celui de Defaye et al. [9].

Le but de notre travail est l'étude comparative de trois lacs de barrage, situés dans différentes régions de l'Algérie, de pluviométrie et de températures différentes : un lac du Nord, à étage bioclimatique subhumide, et deux lacs du Sud, à étage bioclimatique aride. Nous avons également réalisé l'étude comparative de l'évolution temporelle de la diversité spécifique, de la distribution du zooplancton, et cherché à connaître la variation saisonnière des paramètres environnementaux déterminant la distribution temporelle du peuplement zooplanctonique.

2. Matériels et méthodes

2.1. Sites étudiés

Trois sites d'étude ont été choisis (Fig. 1) :

- le lac de barrage de Boukourdane, situé au centre de l'Algérie du Nord (Tipaza), dans une région à bioclimat subhumide (pluviométrie moyenne : 500 mm), à une altitude de 123 m (latitude : 35°32'N, longitude : 2°8'E) et alimenté par 2 oueds (Ménacer et Ferdjani), d'une profondeur de 40 m ;
- le lac de barrage de Foum El Ghorza, situé au sud-est (Biskra), à climat aride (pluviométrie moyenne : 150 à 300 mm), à une altitude de 133 m (latitude : 34°15'N, longitude : 6°15'E), alimenté par l'oued El Abiod, dont les crues violentes se perdraient dans le chott Mehrir ; actuellement ce lac irrigue les palmeraies de quelques localités de Biskra ; sa profondeur est de 10 m ;
- le lac de barrage de Djorf Torba, situé au sud-ouest (Béchar), sous un climat aride, une altitude de 696 m (latitude : 31°32'N, longitude : 2°45'W), de 6 m de profondeur ; il est alimenté par l'oued Ghir, qui prend sa source au Maroc.

2.2. Prélèvements

Dans chaque réservoir, nous avons réalisé pendant une année (2004–2005) dans quatre stations, situées d'amont en aval, des prélèvements en surface (prélèvement horizontal) et en profondeur (prélèvement vertical). Le prélèvement horizontal, effectué dans chaque station, a été réalisé à l'aide d'un filet planctonique à vide de maille de 100 µm. Le prélèvement vertical a été effectué à 3 m de la surface et à 50 cm du fond (lac peu profond), et à 6 m pour Boukourdane ; il a été réalisé à l'aide d'une bouteille à renversement de type Niskin (capacité : 1 litre).

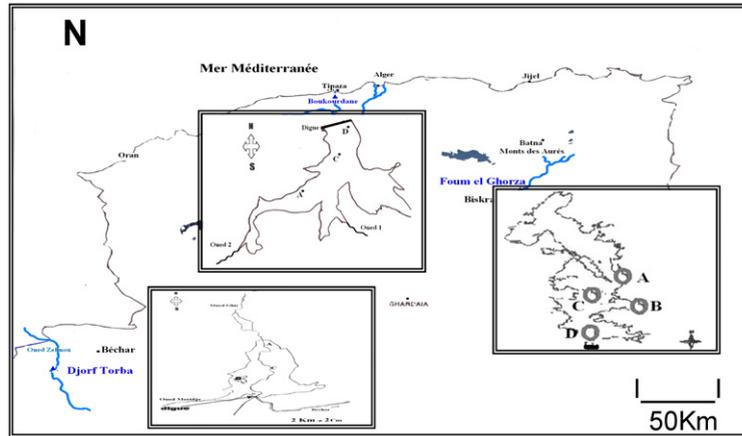


Fig. 1. Situation géographique et vue générale des trois réservoirs : Djorf Torba, Boukourdane et Foum El Ghorza.

2.3. Les paramètres physicochimiques et le zooplancton

Pour la mesure de la température ($^{\circ}\text{C}$), du pH, de la salinité (‰), de l'oxygène dissous (mg/l), nous avons utilisé un analyseur multiparamètre (de type Multi 340 i Set WTW). Pour les MES et les paramètres chimiques tels les chlorures (mg/l), carbonate (mg/l), calcium (mg/l), magnésium (mg/l), sels nutritifs (mg/l) – nitrates, nitrites, ammonium, sulfates et phosphore –, les méthodes classiques (gravimétrique, titrimétrique, etc.) ont été utilisées [10].

Pour l'étude du zooplancton, chaque sous-échantillon est observé pour identification (composition spécifique), avec dénombrement avec calcul de l'abondance relative et de la richesse spécifique, et analyse multivariée (ACP et ACC).

2.4. Analyse statistique

Afin d'étudier les variations spatiotemporelles du zooplancton, nous avons réalisé une ACP et une analyse de correspondance canonique : ACC. L'analyse des composantes principales (ACP) a été l'une des méthodes les plus utilisées [11,12], a été effectuée en utilisant l'ade 4 [13]. L'ACC a été développée pour étudier la relation entre la composition des espèces et l'environnement des sites, en utilisant l'ade 4.

3. Résultats

3.1. Paramètres abiotiques environnementaux

Au niveau du lac de Djorf Torba, la teneur maximale des nitrates oscille entre 0,684 et 1,130 mg/l . Elle est

de 1,634 mg/l en hiver à Boukourdane et de 23,16 mg/l en surface et en hiver dans le lac de Foum El Ghorza, avec une valeur plus faible en profondeur. Les teneurs en phosphates sont moyennes et souvent inférieures à 0,1 mg/l sauf dans le lac de Djorf Torba où exceptionnellement, dans une seule station, en aval du lac, en profondeur et en hiver, la valeur atteint 4,5 mg/l .

Après la transformation logarithmique des variables, le premier et le deuxième axe de l'ACP (pour les 11 paramètres environnementaux) ont représenté respectivement 31,91 et 19,41% de la variance totale (Fig. 2). Le premier axe a permis de mettre en évidence que Djorf Torba (Fig. 2c) est essentiellement caractérisé par les fortes valeurs des phosphates, des matières en suspension (MES : 45 mg/l) et des chlorures. Djorf Torba a une faible teneur en chlorophylle *a* (0,28 mg/l) et en nutriments (NO_2 et NO_3); ces paramètres ont une position opposée à celles des PO_4 , MES et Cl. Foum El Ghorza (Fig. 2c) est fortement corrélé avec les paramètres physicochimiques : NO_2 , NO_3 , calcium, sulfates et la chlorophylle *a* (Fig. 2c). Le second axe montre que Boukourdane (Fig. 2c) est caractérisé par sa forte corrélation avec le carbone et le pH (Fig. 2c); les sulfates et le calcium sont très faiblement représentés dans ce lac.

3.2. Distribution temporelle du zooplancton

L'analyse des peuplements dans les trois réservoirs permet de décrire la composition spécifique et la distribution du zooplancton, qui se présentent différemment dans les trois lacs (Fig. 3a). Les Copépodes sont présents en général au printemps, en été et en automne, les Cladocères au printemps et en été, tandis que les Rotifères sont plus présents en hiver et sont en faible effectif en automne.

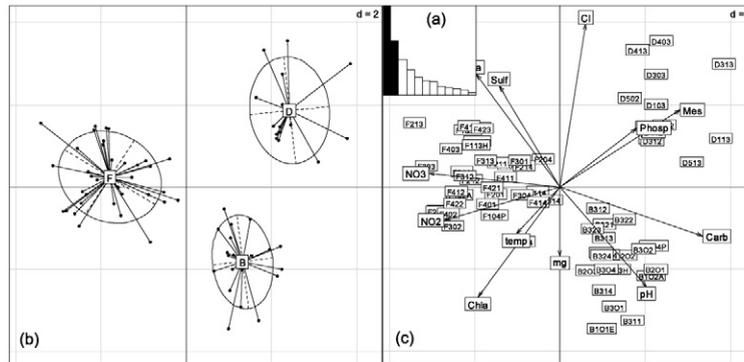


Fig. 2. Résultats de l'analyse en composantes principales (ACP) pour les 11 paramètres environnementaux. (a) L'histogramme des valeurs propres fait apparaître une la variance totale de 51,32% ; pour l'axe 1, 31,91% ; pour l'axe 2, 19,41%. (b) Les trois barrages étudiés : FG, réservoir de Foug El Ghorza ; DT, réservoir de Djorf Torba ; BK, réservoir de Boukourdane. (c) Les paramètres environnementaux où les chlorures (Cl), les matières en suspension MES, et les phosphates (Phosp) forment un premier groupe ; la chlorophylle *a* (Chla), les nitrites (NO₂), les nitrates (NO₃), les sulfates (Sulf) et le calcium (Ca), forment un deuxième groupe, le troisième groupe étant formé par le pH et le carbone (Carb). Exemple de code utilisé pour l'ACP : B101, B = nom du lac (Boukourdane) ; premier chiffre = numéro de la station (1 = 1^{re} station) ; deuxième chiffre = profondeur (0 = 0 m) ; troisième chiffre, saison (1 = été).

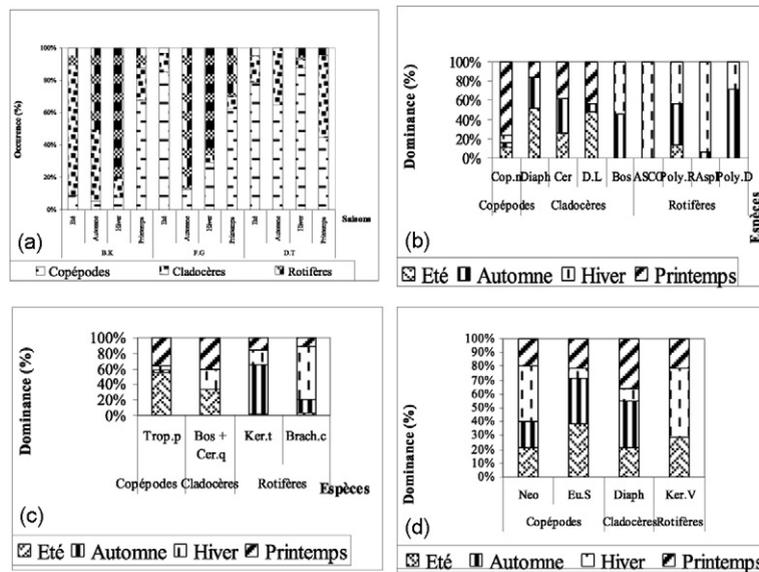


Fig. 3. Répartition temporelle (dominance en %) du zooplancton (a) dans les trois réservoirs regroupés, (b) à Boukourdane, (c) à Foug El Ghorza et (d) à Djorf Torba, à savoir des Copépodes : *Copidodiaptomus numidicus* (Cop.n), *Tropocyclops prasinus* (Trop.p), *Neolovenula alluaudi* (Neo) et *Eucyclops serrulatus* (Eu.s), des Cladocères (*Diaphanosoma brachyurum* (Diaph), *Ceriodaphnia quadrangulata* (Cer.q), *Daphnia longispina* (DL), et *Bosmina longirostris* (BL), et des Rotifères *Ascomorpha* sp. (ASCO), *Polyarthra remata* (Poly.R), *Asplanchna priodonta* (Asp), *Polyarthra dolichoptera* (Poly.D), *Keratella tropica* (Ker.t), *Brachionus calyciflorus* (Brach.c) et *Keratella valga* (Ker.v).

À Boukourdane, la richesse spécifique est élevée ($SR = 13$). Les Copépodes sont représentés en majorité par *Copidodiaptomus numidicus* (Cop.n), avec une dominance au printemps (67%) (Fig. 3b), accompagnée par *Acanthocyclops trajani* (Aca), récolté en faible densité en profondeur. Les Cladocères sont représentés par trois espèces codominantes au printemps : *Daphnia longispina* (DL) (34%), *Diaphanosoma brachyurum* (Diaph) (30,2%), espèces de grande taille de la zone pé-

lagique et *Ceriodaphnia réticulata* (Cer) (25,8%). *Bosmina longirostris* (BL) espèce de petite taille de la zone littorale, existe en automne, mais avec un faible effectif. *D. brachyurum* atteint son maximum en été (51,3%). Les Rotifères constituent l'essentiel du zooplancton en hiver (86,4%) : *Ascomorpha* sp. (ASCO) (27%), *Asplanchna priodonta* (Asp) (24%), *Polyarthra remata* (Poly.R) (21,2%) et *Polyarthra dolichoptera* (Poly.D)

(14%). Ces deux dernières espèces sont aussi récoltées en automne.

À Foum El Ghorza, la richesse spécifique est plus faible ($SR = 6$) ; les Copépodes avec *Tropocyclops prasinus* (Trop.p) apparaissent plus nombreux au printemps (62,1%) (Fig. 3c) et moins présents en été. Les Cladocères sont faiblement représentés dans ce lac par *Bosmina longirostis* (Bos), *Ceriodaphnia quadrangulata* (Cer.q) et *Macrothrix hirsuticornis* (Mac.h) ; ces espèces sont totalement absentes en automne, mais colonisent équitablement le réservoir pendant les trois autres saisons (Fig. 3c). Les Rotifères sont peu représentés : il s'agit de *Brachionus calyciflorus* (Brach.c), dominante en hiver, avec une densité élevée, et *Keratella tropica* (Ker.t), qui domine en automne et au printemps. Elles sont absentes en été.

À Djorf Torba, la richesse spécifique est faible ($SR = 7$). Les Copépodes récoltés lors des quatre saisons sont représentés par deux espèces pérennes : *L. Neolovenula alluaudi* (Neo), à développement important en hiver (87%) ; et *Eucyclops serrulatus* (Eu.s), récoltée surtout en automne (40,3%), qui présente un effectif plus faible en hiver. Les Cladocères sont représentés en majorité par *Diaphanosoma brachyurum* (Diaph) (Fig. 3d), espèce pérenne dans ce lac, avec un développement maximal au printemps (55%). Les autres Cladocères existent sporadiquement, à très faible densité. Les Rotifères représentent une minorité du peuplement, avec *Keratella valga* (Ker.v), à faible effectif, et absente en automne.

3.3. Relations espèces–paramètres environnementaux

L'analyse des paramètres physicochimiques de l'eau permet d'expliquer la répartition des espèces dans les trois réservoirs, qui se fait selon les deux premiers axes factoriels de l'ACC, représentant 68% d'inertie (Fig. 4). À Foum El Ghorza, cette relation apparaît correctement avec, d'une part, les nutriments (NO_2 , NO_3), la chlorophylle *a* (Chloro a) et le calcium et, d'autre part, avec les espèces représentées par *Brachionus calyciflorus* (Brach.c) et *Macrothrix hirsuticornis* (Mac.h). À Djorf Torba, les chlorures et les MES sont corrélés avec *L. Neolovenula alluaudi* (Neo), *Eucyclops serrulatus* (Eu.s) et *Keratella valga* (Ker.v). Le pH et le carbone sont en étroite relation avec *Polyarthra dolichoptera* (Poly.D) et *Macrothrix hirsuticornis* (Mac) ; enfin, les phosphates sont corrélés avec *Diaphanosoma brachyurum* (Diaph).

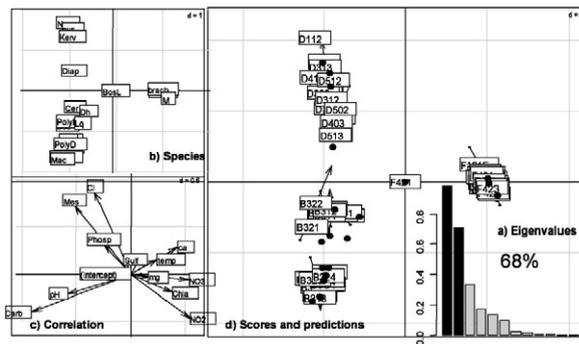


Fig. 4. Diagramme d'ordination de l'analyse canonique des correspondances (ACC). (a) Pourcentage d'inertie égal à 68%. (b) Distribution de l'espèce. Position de l'espèce et des rapports à la moyenne de l'espèce présente sur le premier axe dans le barrage de Boukourdane : Rotifères *Polyarthra remata*, *Polyarthra dolichoptera*, *Asplanchna priodonta*, corrélés avec un copépode : *Copidodiaptomus numidicus*. Présence de plusieurs cladocères, dont *Diaphanosoma brachyurum*, présente en été et isolée sur l'axe. L'axe 2 présente un peuplement peu diversifié, appartenant aux deux lacs arides Foum el Ghorza et Djorf Torba. On relève une corrélation entre *Tropocyclops prasinus* et *B. calyciflorus* à Foum el Ghorza et entre *Neolovenula alluaudi* et *Keratella* à Djorf Torba. (c) Diagramme de CCA : le biplot montre les variables environnementales dans l'espace créé par les deux premiers axes. Prédiction des positions par régression sur les variables de l'environnement. (d) Distribution des stations dans les trois réservoirs.

4. Discussion

Les variations saisonnières des paramètres physicochimiques observées au cours de cette étude indiquent l'existence de caractéristiques particulières dans les trois lacs de barrage. Cette indication est importante à souligner, car, comme le précisent [14], les variations des facteurs abiotiques et biotiques peuvent expliquer la distribution du macrozooplancton avec une contribution dominante des facteurs abiotiques.

La comparaison des résultats obtenus montre une variabilité de ces paramètres. Ainsi, dans le lac de barrage de Foum El Ghorza, la valeur élevée de la température de l'eau en été et en automne ($26,7^{\circ}C$), due au climat aride, a entraîné une forte diminution de l'oxygène dissous ($1,5\text{ mg/l}$) et une diminution du pH. L'interaction entre ces paramètres dans ce lac peut être expliquée, selon Rossetti et al. [15], par une activité microbienne élevée en été dans les boues du sédiment, avec pour conséquence une diminution de la concentration en oxygène dissous ainsi qu'une augmentation de la teneur en nitrates et en phosphates ; Kagalou et al. [16] ajoutent que la décomposition de la matière organique s'effectue à l'interface sédiment–eau. En revanche, dans le lac de Boukourdane (région subhumide), la valeur de la température de l'eau étant moins élevée ($23,2^{\circ}C$ en été), la concentration de l'oxygène est par conséquent plus forte

et le pH enregistré est alors de 8,5, indiquant un milieu alcalin.

Les teneurs maximales en nitrates enregistrées en hiver peuvent s'expliquer, d'une part, à Boukourdane, par une nitrification du lac, car il est bien oxygéné en hiver (11,4 mg/l) et, d'autre part, dans ce lac et à Foum El Ghorza, par un apport exogène. Cet apport allochtone provient du ruissellement des eaux du bassin versant et de l'activité agricole pratiquée autour des lacs. En effet, certains auteurs ont mis en évidence l'impact du bassin versant et des terres cultivées sur la qualité de l'eau du lac. Rossetti et al. [17] indiquent que les charges organiques sont probablement une conséquence du lessivage des champs cultivés dans les alentours. Kopacek et al. [18] montrent l'impact du bassin versant sur les systèmes aquatiques, en précisant que les concentrations en nutriments dans ces systèmes sont plus fortes quand le bassin versant est occupé par des forêts et plus faible lorsqu'il est constitué de roches nues. En complément, Fqih-Berrada et al. [19] précisent que la forte turbidité de la zone d'embouchure, en rapport avec la nature déboisée du bassin versant (climat semi-aride), limite le développement algal, contrairement à ce qui se produit dans les lacs réservoirs situés sous climat tempéré.

Le lac Djorf Torba est eutrophe et peu profond ; Ruggiero et al. [15] notent que, dans ce type de lac, la disponibilité du phosphore est principalement déterminée par la charge interne de cet élément dans le sédiment, et que sa mobilité dans ce sédiment dépend de l'oxygène et du potentiel rédox. D'après Kopacek et al. [20], ce dernier paramètre est en relation avec la diminution des concentrations de NO_3 et SO_4 . Ainsi, la forte concentration des phosphates dans la station en aval du lac, en hiver et en profondeur, est due à la libération de cet élément, fortement accumulé et disponible dans le sédiment.

Les variations des paramètres environnementaux dans les lacs Foug El Ghorza et Djorf Torba sont en relation avec le climat aride (précipitations et température) et avec la nature géologique du sol. C'est ainsi que le bassin versant et le réservoir sont souvent situés sur un sol salin, où les températures élevées provoquent la solubilité des sels dans l'eau de ces lacs (chlorures, dont la teneur est de 250 mg/l à Djorf Torba). Le climat aride se caractérise par des précipitations irrégulières, souvent violentes, provoquant des crues qui sont à l'origine de la présence des MES, des nitrates et du phosphore retrouvés dans l'eau de ces lacs. Ces éléments chimiques proviennent du bassin versant dénudé, entraînant parfois une forte turbidité temporelle, caractéristique des zones arides et sahariennes, situation observée dans les deux lacs étudiés. L'analyse de l'ACP puis de l'ACC montre significativement, d'une part, la corrélation entre les

chlorures et les MES dans le lac de Djorf Torba et, d'autre part, la relation de ces derniers avec les espèces de ce lac, qui s'adaptent à ces conditions de zone aride.

L'analyse de la composition spécifique du zooplancton et de la distribution temporelle des espèces permet de caractériser chacun des trois lacs de barrage. Le lac de Boukourdane, où la richesse spécifique est la plus élevée, est colonisé par une espèce particulière, *Copidodiaptomus numidicus*, caractéristique de la zone pluvieuse [21,22]. Elle est considérée comme une espèce endémique d'Afrique du Nord [23,24], puis de l'Ouest de la Méditerranée [25]. Elle est citée en Espagne, au Portugal, en Sardaigne et en Corse [26], mais n'a pas été signalée au Maroc, d'où elle semble être absente. C'est une espèce herbivore et potentielle compétitrice des Cladocères [27], qui sont présents à la fin du printemps et en été. Elle est accompagnée par *Acanthocyclops trajani* au printemps, récoltée en profondeur. Cette espèce a été confondue avec *Acanthocyclops robustus* (espèce carnivore [27]) à cause de leurs caractères taxonomiques très proches. La révision du genre *Acanthocyclops* effectuée sur les individus récoltés dans le lac de Boukourdane et d'après [28] a permis de déterminer l'espèce *Acanthocyclops trajani*.

Le lac de Foug El Ghorza, situé dans la zone aride, est caractérisé par *Tropocyclops prasinus*. Elle constitue l'essentiel du peuplement zooplanctonique récolté. Selon De Paggi [29], cette espèce est omnivore, à tendance carnivore. La distribution de l'espèce *Tropocyclops prasinus* s'effectue selon l'axe longitudinal croissant amont-aval dans ce lac. Elle atteint son effectif maximal au printemps, particulièrement dans la station située en aval du lac, lors des prélèvements horizontaux. Pourriot et al. [30] n'ont pas signalé la présence de cette espèce dans la station en aval, au niveau d'un lac marocain situé sous climat semi aride ; en revanche, ils soulignent que cette espèce présente une répartition décroissante d'amont en aval. Armengol [31] a mis également en évidence cette augmentation de densité de l'amont vers l'aval dans une série de lac de barrage de la péninsule Ibérique. La distribution de *T. prasinus* dans ce lac est probablement en relation avec la présence, au printemps, d'éléments nutritifs en provenance de l'oued El Abiod, qui alimente ce lac (NO_3 , SO_4 , et calcium indiqués dans l'analyse multivariée : ACP et ACC).

Dans l'ensemble, le zooplancton semble se maintenir dans la zone superficielle et, comme le soulignent Pourriot et al. [30], ceci est dû à la richesse algale disponible en surface, observée aussi à Foug El Ghorza, où la teneur en chlorophylle *a* est de 37,35 mg/l. L'évolution de l'espèce *Brachionus calyciflorus* à Foug El Ghorza est liée à une interaction avec le phytoplancton

car, selon [32], il existe une relation entre l'espèce phytoplanctonique *Scenedesmus pectinatus* utilisée comme nourriture et *Brachionus calyciflorus*. En accord avec Claps et al. [33], la faible densité du zooplancton enregistrée à Foum El Ghorza est associée aux conditions du milieu, telles que le pourcentage de saturation de l'oxygène dissous, souvent observé inférieur à 30% dans ce lac. Il a été constaté qu'à Foum El Ghorza, l'hydrologie et la température liées au climat aride ont favorisé l'existence de deux périodes d'abondance qui s'opposent au cours de l'année : une période en hiver–printemps, favorable au développement du zooplancton et une période en été–automne, caractérisée par un déclin important, réduisant le nombre d'espèces, leur densité et leur répartition.

Dans le lac de Djorf Torba (zone aride), les Copépodes sont représentés par deux espèces pérennes. La première est le calanoïde *Lovenula Neolovenula alluaudi*, signalé en Algérie et au Maroc [26,34]. Il colonise ce lac toute l'année, avec une dominance en hiver essentiellement en surface, mais en faibles quantités dans les prélèvements verticaux. La présence de cette espèce pérenne dans ce lac est due en partie aux apports allochtones à partir de l'oued Ghir. La deuxième espèce, *Eucyclops serrulatus*, est assez répandue en Algérie, où elle est signalée par Samraoui [35] et Gauthier [25], alors qu'en Tunisie elle est signalée par Turki [22] comme une espèce nouvelle. Elle est aussi considérée comme une espèce cosmopolite et ubiquiste [9,34]; elle évolue à Djorf Torba en s'adaptant aux conditions climatiques extrêmes. Elle est pérenne dans ce lac, accompagnant ainsi toute l'année *L. Neolovenula alluaudi*. Dans ce lac, les copépodes forment l'essentiel du zooplancton. Le développement de ces Copépodes est lié en général aux conditions du milieu. C'est ainsi que Maier [36] a mentionné que la durée de développement des œufs, des larves et des stades copépodites est inversement proportionnelle à la température, d'où l'importance de ce facteur, qui est déterminant pour la distribution temporelle dans la région à étage bioclimatique aride.

L'espèce de Cladocères la plus abondante et commune dans les deux lacs (subhumide et aride) est *Diaphanosoma brachyurum*. À Boukourdane (subhumide), elle est récoltée essentiellement en été, alors qu'elle est pérenne à Djorf Torba (zone aride), avec un développement maximal au printemps, principalement en surface. Au Maroc, Dumont et al. [37] ont présenté cette espèce comme le seul Cladocère évoluant en grand nombre et fortement rassemblé en surface. Selon Pont et Amrani [38], sa distribution est similaire en amont et en aval du lac. Étant sténotherme d'eau chaude, *D. brachyurum*

ne survit qu'à une température de 20 à 25 °C, avec une reproduction à 25 °C, et acquiert sa maturité en moins de quatre jours à 25 °C [39]. Dans le lac de Djorf Torba, il a été constaté que cette espèce pérenne présente son maximum de densité au printemps lorsque la température se situe dans l'intervalle compris entre 20 et 25 °C et non en été, quand la température de l'eau est toujours supérieure à 25 °C. Cet intervalle de température, enregistré dans ce lac au printemps, serait considéré comme un facteur limitant le développement de *D. brachyurum*. Les trois lacs de barrage sont des écosystèmes particuliers, utilisés pour l'eau potable et l'irrigation. Selon Pehlivanov [40], l'augmentation de la sortie de l'eau pour l'irrigation a pour conséquence une diminution de l'abondance du zooplancton, un changement de la composition spécifique et de la taille des espèces.

Deux espèces de Copépodes se développent à Djorf Torba (*L. Neolovenula alluaudi* et *Eucyclops serrulatus*), deux autres espèces à Boukourdane (*Copidodiaptomus numidicus* et *Acanthocyclops trajani*) et une espèce à Foum El Ghorza (*Tropocyclops prasinus*). Les Cladocères sont diversifiés à Boukourdane, où ils sont représentés par *Daphnia longispina*, *Ceriodaphnia reticulata*, *Diaphanosoma brachyurum*, et *Bosmina longirostris*. À Foum El Ghorza, trois espèces ont été récoltées : *Ceriodaphnia quadrangulata*, *Macrothrix hirsuticornis* et *Bosmina longirostris*. À Djorf Torba, nous avons trouvé *Diaphanosoma brachyurum*, les autres Cladocères existant sporadiquement, à très faible densité. Les Rotifères sont représentés à Foum El Ghorza par *Brachionus calyciflorus* et *Keratella tropica*, à Djorf Torba par *Keratella tropica* et *Keratella valga*, avec un faible effectif, et à Boukourdane par *Ascomorpha sp.*, *Polyarthra remata*, *Asplanchna priodonta* et *Polyarthra dolichoptera*.

5. Conclusion

L'analyse des paramètres physicochimiques montre que certains paramètres environnementaux constituent des facteurs essentiels au fonctionnement et à l'évolution de ces lacs à situations géographiques et climatiques différentes. Cette différence climatique (tempéré et aride) engendre une diversité de milieu aquatique en Algérie, mise en évidence en partie dans cette étude. Parmi ces paramètres figurent les éléments nutritifs (nitrates, phosphore), les chlorures, l'oxygène dissous, le pH, les MES, l'hydrologie et la température. La mesure de ce dernier paramètre a permis de constater que les écarts thermiques très réduits (maximum : 3,5 °C en été) entre la surface et le fond, observés dans les deux lacs réservoirs de la zone aride, induisent une absence

de stratification thermique liée à la faible profondeur de ces lacs (inférieure à 9 m en été). La nature géologique du terrain des trois lacs (calcaire, galets schisteux, argilo sableux et sol salin) a contribué à la répartition du zooplancton. L'étude de la distribution du peuplement zooplanctonique (26 espèces) dans les trois lacs de barrage se caractérise par l'importance des Copépodes et des Cladocères; les Rotifères sont mieux représentés à Boukourdane. La richesse spécifique la plus élevée a été notée au lac de Boukourdane, traduisant un milieu favorable au développement successif de plusieurs espèces évoluant en alternance au cours du cycle annuel; il présente une espèce endémique représentative de ce lac situé dans la région subhumide, pluvieuse, à climat doux et tempéré, méditerranéen, permettant ainsi l'évolution d'un peuplement diversifié, homogène et équilibré.

En revanche, dans les deux lacs de barrage de la zone aride, Fom El Ghorza et Djorf Torba, le nombre d'espèces est réduit. Les Copépodes forment l'essentiel du peuplement zooplanctonique. Toutes les espèces récoltées dans ces deux lacs (zone aride) sont paléarctiques et cosmopolites. Ces espèces ont résisté et se sont adaptées aux conditions climatiques extrêmes de sécheresse de la région aride.

Nous avons ainsi déterminé la contribution relative des facteurs abiotiques à la distribution spatiotemporelle des espèces zooplanctoniques récoltées dans ces lacs. L'étude comparative des trois lacs de barrage révèle ainsi l'existence de milieux différents, liés particulièrement aux conditions climatiques et hydrologiques diversifiées de l'Algérie à climat méditerranéen. Parmi tous les facteurs étudiés, ce sont l'hydrologie et la température liés au climat méditerranéen de l'Algérie, pays présentant une période de sécheresse importante, qui seraient l'une des principales causes de la distribution temporelle des espèces dans les trois lacs de barrage. Les espèces récoltées sont cosmopolites, adaptées au climat aride.

Remerciements

Nous remercions Danielle Defaye, du Muséum national d'histoire naturelle de Paris (France), pour sa contribution à la détermination d'*Acanthocyclops trajani*.

Références

- [1] C. Aspe, P. Pont, in: L'eau en représentation. Gestion de la qualité des milieux aquatiques et représentation sociale, Masson, Paris, 1999, pp. 1–101.
- [2] L.F.M. Velho, F.A. Lansac-Tôha, C.C. Bonecker, L.M. Bini, D.C. Rossa, The longitudinal distribution of copepods in Córumbá Reservoir, State of Goiás, Brazil, *Hydrobiologia* 453–454 (2001) 385–391.
- [3] E. Dejen, J. Vijverberg, L.A.J. Nagelkerke, F.A. Sibbing, 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 (2004) 39–49.
- [4] R.G. Wetzel, *Limnology—Lake and River Ecosystems*, third ed., Academic Press, 2001 (1006 p.).
- [5] M.J. Fernández-Rosado, J. Lucena, Space–time heterogeneities of the zooplankton distribution in La Concepción reservoir (Istán, Málaga; Spain), *Hydrobiologia* 455 (2001) 157–170.
- [6] M. Touazi, J.-P. Laborde, N. Bhiry, Modelling rainfall discharge at a mean inter-yearly scale in Northern Algeria, *J. Hydrol.* 296 (2004) 179–194.
- [7] C. Rojo, E. Ortega-Mayagoitia, M.A. Rodrigo, M. Alvarez-Cobelas, Phytoplankton structure and dynamics in a semi arid wetland, the national park “Las Tablas de Darniel” (Spain), *Arch. Hydrobiol.* 148 (2000) 397–419.
- [8] B. Al Faïdy, A. Fahde, J. Devaux, Contribution à l'étude du phénomène d'eutrophisation d'une retenue sous climat semi aride (réservoir Daourat), Maroc, *Actualité scientifique sécheresse* 10 (3) (1999) 213–220.
- [9] D. Defaye, B. Dussart, The Cyclopoid (Crustacea, Copepoda) fauna of the inland waters of Israel. 1. First data from semi arid and arid regions, *Hydrobiologia* 310 (1995) 1–10.
- [10] J. Rodier, L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Chimie, physico-chimie, bactériologie, 8^e édition, Dunod, Paris, 1996 (1383 p.).
- [11] L. Orloci, On information flow in ordination, *Vegetatio* 29 (1974) 11–16.
- [12] J.-L. Giraudel, S. Lek, A comparison of self-organizing map algorithm and some conventional statistical methods for ecological community ordination, *Ecol. Model.* 146 (1–3) (2000) 329–339.
- [13] S. Brosse, J.-L. Giraudel, S. Lek, Utilisation of non-supervised neural networks and principal component analysis to study fish assemblages, *Ecol. Model.* 146 (1–3) (2001) 159–166.
- [14] B. Pinel-Alloul, C. Guay, N. Angeli, P. Legendre, P. Dutilleul, G. Balvay, D. Gerdeaux, J. Guillard, Large-scale spatial heterogeneity of macrozooplankton in Lake of Geneva, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 56 (8) (1999) 1437–1451.
- [15] A. Ruggiero, A.G. Solimini, G. Carchini, Limnological aspect of an Apennine shallow lake, *Ann. Limnol. Int. J. Limnol.* 40 (2) (2004) 89–99.
- [16] H. Kagalou, G. Economidis, I. Leonardos, C. Papalouka, Assessment of a Mediterranean shallow lentic ecosystem Lake Pamvotis (Greece) using benthic community diversity: response to environmental parameters, *Limnologica – Ecol. Manage. Inland* 36 (4–8) (2006) 269–278.
- [17] G. Rossetti, M. Bartoli, K. Martens, Limnological characteristics and recent ostracods (Crustacea, Ostracoda) of freshwater wetlands in the Parco Oglia Sud (northern Italy), *Ann. Limnol. Int. J. Limnol.* 40 (4) (2004) 329–341.
- [18] J. Kopacek, E. Stuchlik, V. Straskrabova, P. Psenakova, Factors governing nutrient status of mountain lakes in the Tatra Mountains, *Freshw. Biol.* 43 (2000) 369–383.
- [19] D. Fqih-Berrada, R. Berrada, A. Benzekri, A. Fahde, Hétérogénéité horizontale des peuplements microphytoplanctoniques et zooplanctoniques en relation avec les paramètres abiotiques dans la retenue El Kansera (Maroc), *Rev. Sci. Eau* 13 (3) (2000) 213–236.

- [20] J. Kopacek, M. Brzakova, J. Hejzlar, J. Nedoma, P. Porcal, J. Vrba, Nutrient cycling in a strongly acidified mesotrophic lake, *Limnol. Oceanogr.* 49 (4) (2004) 1202–1213.
- [21] M. Cherbi, Contribution à l'étude du peuplement zooplanctonique des lacs de barrage en Algérie, *Verh. Int. Ver. Limnol.* 22 (1984) 1579–1583.
- [22] S. Turki, A. El Abed, Nouvelles informations sur les Copépodes Calanoides et Cyclopoïdes des eaux continentales tunisiennes, *Crustacean* 72 (2) (1999) 157–169.
- [23] B. Dussart, Calanoides et Harpaticoides, in: *Les Copépodes des eaux continentales d'Europe occidentale*, vol. 1, Boubée et C^{ie}, Paris, 1967, pp. 1–500.
- [24] S. Mouelhi, G. Balvay, M.M. Kraiem, Branchiopodes (Ctenopodes et Anomopodes) et Copepodes des eaux continentales d'Afrique du Nord : inventaire et biodiversité, *Zoosystematica* 22 (4) (2000) 731–748.
- [25] B. Samraoui, H. Segers, S. Maas, D. Baribwegure, H.J. Dumont, Rotifera Cladocera, Copepoda and Ostracoda from coastal wetlands in Northeast Algeria, *Hydrobiologia* 386 (1998) 183–193.
- [26] B. Dussart, D. Defaye, in: *World Directory of Crustacea Copepoda of Inlands Waters. I. Calaniformes*, Blackhuys Publishers, Leyde, Pays-Bas, 2002, pp. 1–276.
- [27] A.M. Geraldes, M.J. Boavida, What factors affect the pelagic Cladocerans of the mesoeutrophic Azibo reservoir? *Ann. Limnol. Int. J. Limnol.* 40 (2) (2004) 101–111.
- [28] I.M. Mirabdullayev, D. Defaye, On the taxonomy of the *Acanthocyclops robustus* species complex (Copepoda, Cyclopidae). 1/*Acanthocyclops robustus* (G.O. Sars, 1863) and *Acanthocyclops trajani* n. sp., *Selevinia* 1–4 (2000) 7–20.
- [29] S.J. De Paggi, Composition and seasonality of planktonic rotifers in limnetic and littoral regions of a floodplain lake (Parana river system), *Rev. Hydrobiol. Trop.* 26 (1) (1993) 54–63.
- [30] R. Pourriot, A. Tifnouti, C. Rougier, Répartition spatiale du zooplancton estival dans un lac de barrage: le Lalla Takerkoust (Maroc), *Arch. Hydrobiol.* 130 (1) (1994) 113–127.
- [31] J. Armengol, Ciclo anual y heterogeneidad espacial en el Zooplancton de una cadena de embalses del rio Guadiana, *Oecol. Aquat.* 7 (1984) 43–72.
- [32] M. Lurling, Investigation of a Rotifer (*Brachionus calyciflorus*) green alga (*Scenedesmus pectinatus*) interaction under non- and nutrient-limited conditions, *Ann. Limnol. Int. J. Limnol.* 42 (1) (2006) 9–17.
- [33] M.C. Claps, N.A. Gabbellone, H.H. Benitez, Zooplankton biomass in an eutrophic shallow (Buenos Aires) Argentina spatio-temporal variations, *Ann. Limnol. Int. J. Limnol.* 40 (3) (2004) 201–210.
- [34] H.J. Dumont, W. Decraemer, On the continental copepod fauna of Morocco, *Hydrobiologia* 53 (2–3) (1977) 257–278.
- [35] H. Gauthier, in: *Recherches sur la faune des eaux continentales de l'Algérie et de la Tunisie*, Minerva, Alger, 1928, pp. 1–419.
- [36] G. Maier, The effect of temperature on the development times of eggs, naupliar and copepodite stages of five species of Cyclopoid Copepods, *Hydrobiologia* 184 (1989) 79–88.
- [37] H.J. Dumont, J. Miron, U. Dall'Asta, W. Decraemer, Limnological aspect of some Moroccan Atlas Lakes, with reference to some physical and chemical variables, the nature and distribution of the phyto- and zooplankton, including a note on possibilities for the development of an inland fishery, *Int. Rev. Gesammt. Hydrobiol.* 58 (1) (1973) 33–60.
- [38] P. Pont, J. Amrani, The effects of selective fish predation on the horizontal. Distribution of pelagic Cladocera in a southern French reservoir, *Hydrobiologia* 207 (1999) 259–267.
- [39] A. Tifnouti, R. Pourriot, C. Rougier, Influence de la température sur le développement et la fécondité de quatre espèces de cladocères planctoniques (crustacés) en présence de ressources naturelles, *Ann. Limnol.* 29 (1) (1993) 3–13.
- [40] L. Pehlivanov, Water outflow as a cause of changes in trophic conditions for zooplanktivorous fish in reservoirs, *Fish. Manage. Ecol.* 7 (1–2) (2000) 115–125.