

# Evaluation de la qualité des eaux de la retenue de Karaoun (Liban)

Autor(en): **Saad, Z. / Slim, K. / Elzein, G.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles**

Band (Jahr): **128 (2005)**

PDF erstellt am: **17.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-89630>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DES EAUX DE LA RETENUE DE KARAOUN (LIBAN)

Z. SAAD, K. SLIM, G. ELZEIN & O. EL SAMAD

Commission libanaise de l'Énergie atomique. CNRS. P.O. Box 11-8281, Beyrouth, Liban.

E-mail: zsaad@cnrs.edu.lb.

*Mots-clés:* Retenue, phytoplancton, diatomées, physicochimie, métaux de transition.

*Key-words:* Reservoir, phytoplankton, diatoms, physical chemistry, trace elements.

### Résumé

La retenue de Karaoun, sur le cours moyen de la rivière Litani (160 km) est l'une des richesses hydrauliques du Liban. Elle est située à 1050 m d'altitude dans la Bekaa-ouest et son importance est capitale dans la vie économique du pays. L'étude physicochimique de ses eaux montre une forte présence de calcium provenant de la dissolution de la calcite et de la dolomite. Les teneurs élevées en phosphates et en nitrates sont dues au lessivage des sols dans une région d'activité agricole intense.

L'évaporation augmente considérablement les concentrations des métaux traces (Pb, Cu, Zn, Fe, Cd, Mn, Ni), dont l'origine est imputable aux rejets industriels et urbains dans les cours d'eau et dans le réservoir. La dégradation de la qualité des eaux se répercute sur les communautés algales (surtout planctoniques). Plusieurs espèces caractéristiques des eaux polluées sont présentes, particulièrement en période d'étiage.

### Summary: Evaluation of water quality of Karaoun reservoir (Lebanon)

Karaoun basin artificially created on the Litani river (160 km) is a crucial contribution to the economic life in Lebanon. In fact, its water is used for irrigation purposes as well as for electricity production. A complete chemical and algal study has been conducted. Water samples were collected periodically and analysed for  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  and for some trace elements (Pb, Cu, Zn, Fe, Cd, Mn, Ni). Ion chromatography was used to measure the major ions ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ). Atomic absorptionspectrometry using flame acetylene was used to measure the alkaline metals, whereas graphite furnace was used for determination of some trace elements. The concentration of the major ions varies with the cationic dominance in the following order:  $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$ . This is compatible with the common natural major ion assemblages established for world freshwater. It has been found that the major composition in the basin is predominantly influenced by the composition of parent rocks in Lebanon. The water is characterized by elevated calcium levels, mainly as the result of the dissolution of limestone and marly limestone rocks. In addition, high concentrations of nitrates and sulfates are observed and could be attributed to the use of chemical fertilizers in the surrounding agricultural lands. The concentrations of trace elements increase notably during the summer season, as a result of the evaporation effect. A good correlation matrix is obtained between the different trace elements and is in fact a consequence of industrial and anthropogenic activities.

In the eulittoral zone of the basin, the epilithic community is constituted mainly of associated closely filamentous cyanobacteria : *Oscillatoria amphibia*, *Phormidium terzii* and *Spirulina princeps*. However, some less important colonial cyanobacteria are also found in the crusts : *Merismopedia glauca*, *Microcystis robusta* and *Pleurocapsa minor*.

Numerous filamentous green algae (i.e. *Ulothrix zonata* and *Spirogyra lambertiana*) as well as diatoms such as *Aulacosira granulata*, *Navicula cf. cryptocephala* and *Fragilaria ulna* var. *ulna* were found in these clusters. All together, 88 taxa were identified in the eulittoral zone of the basin, many of which are typical indicators of the basin's pollution.

## INTRODUCTION

Au Liban, pays à climat méditerranéen tempéré, les besoins en eau d'irrigation et l'alimentation en eau potable ne cessent d'augmenter alors que les ressources disponibles sont très mal réparties et sont gaspillées. Ceci a amené le pays à construire dans les années 1960 le barrage de Karaoun sur le cours moyen de la rivière Litani (160 km). Les études écologiques de ce site sont sporadiques depuis sa construction (MOUBAYED, 1986; SLIM, 1996). Aucun travail hydrobiologique n'y a encore été effectué. Du fait de son importance économique pour le pays, nous avons entrepris une étude pluridisciplinaire en 2000-2001 afin d'évaluer la qualité des eaux et le peuplement algal.

Le bassin versant du Litani s'étend sur 2168 km<sup>2</sup>, dont 1882 km<sup>2</sup> (84%) dans la dépression centrale et le reste sur le versant méditerranéen. De sa source El Alaik, à 1000 m d'altitude, à son embouchure dans le lac, cette rivière reçoit un certain nombre d'affluents dont certains sont permanents : sur la rive gauche le Ghazeyel qui fournit l'apport le plus important et le Yahfufa (sec en été); sur la rive droite, le Berdauni et le Kab Elias (fig. 1). La capacité maximale de la retenue est de 420 millions de m<sup>3</sup>. En 2000, la sécheresse estivale et automnale a ramené un volume d'eau estimé à 220 millions de m<sup>3</sup> jusqu'au seuil critique de 29 millions de m<sup>3</sup> (PNUD/FAO, 1977).

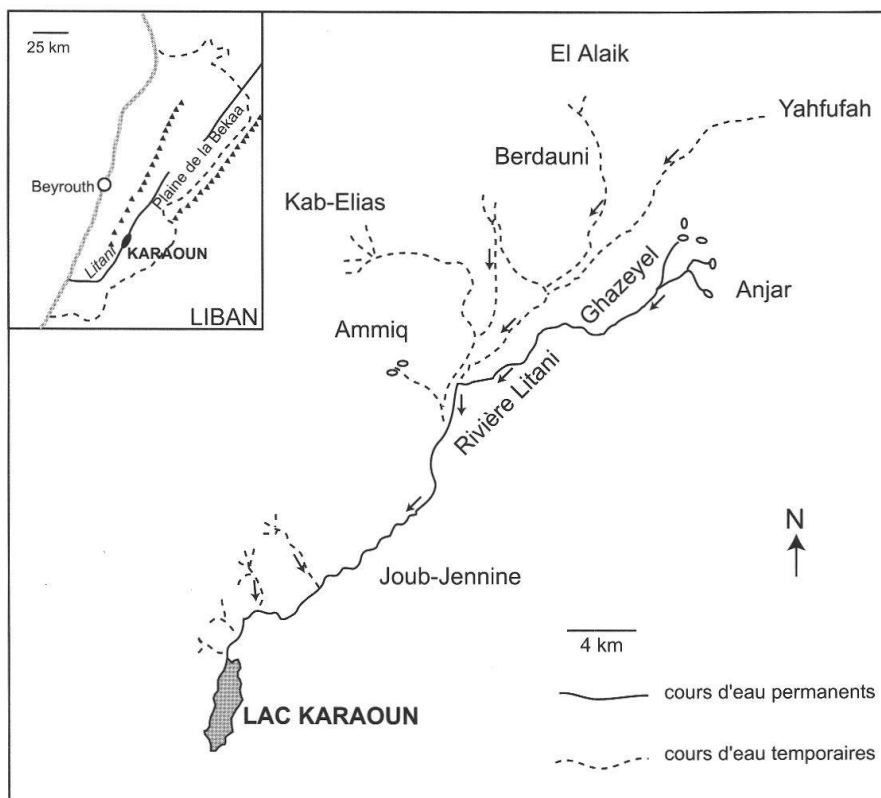
Les principales utilisations des eaux du barrage de Karaoun se résument au détournement vers le versant côtier de la chaîne du Liban des eaux non utilisées pour l'irrigation de la Békaa ainsi qu'à l'utilisation,

au mieux, des chutes pour la production d'énergie électrique.

L'objectif de la présente étude est de préciser les paramètres physicochimiques, de détecter les teneurs en métaux lourds et de transition et de préciser la qualité des eaux par des algues bioindicatrices.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

Un prélèvement de 1 litre a été collecté mensuellement durant la période 2000-2001. Il a été conservé dans des bouteilles en polyéthylène et traité ultérieurement à l'acide nitrique à 1%. Le pH a été mesuré sur le terrain avec une électrode en verre combiné. Les échantillons ont été passés à travers un filtre Millipore de 0,45 µm. La partie destinée à l'analyse des métaux a été acidifiée avec de l'acide nitrique 0,2% v/v et conservée à 4°C. L'étude des métaux a été réalisée à l'aide de la technique d'absorption atomique (Perkin Elmer, analyst 100 équipé d'un four en graphite HGA 800). Des méthodes standard d'analyse ont été suivies pour déterminer les différents métaux (ANDREW *et al.*, 1995). Une flamme air-acétylène a été utilisée pour la détermination des éléments majeurs tels que Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>. Afin d'éliminer les effets de l'ionisation, nous avons ajouté du chlorure de lanthanide. Pour les métaux (lourds et de transition) se trouvant en faibles concentrations, nous avons utilisé un four en graphite. La détermination des métaux qui se trouvent au-dessous de la limite de détection de l'appareil (Cd, Mn, Cu, Pb) a été réalisée par une méthode de préconcentration par digestion en milieu acide. Pour éliminer les phé-



**Figure 1:** Carte de la retenue du Karaoun.

nomènes d'interférences, nous avons utilisé une matrice convenable pour chaque métal. Les ions tels que  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  et  $\text{SO}_4^{2-}$  ont été mesurés par Ion Chromatographe (Dionex IC 25). Les données analytiques des différents paramètres ont été interprétées en utilisant le programme Aqua Chem (GwW, 1996) qui a fourni la balance ionique des différents ions avec un rang variant entre 0,1 et 6,1%, ainsi que les pourcentages des différents minéraux dissous.

Sur tout le périmètre de la retenue, il a été effectué des échantillonnages destinés surtout à l'étude des peuplements d'algues épilithiques de la zone eulittorale. Des récoltes de phytoplancton ont aussi été réalisées avec des filets à plancton.

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

### *Caractéristiques physicochimiques*

Le tableau 1 rassemble les valeurs des différents paramètres physiques et chimiques durant la période d'étude. Le pH varie

entre 7,3 et 8,3, la totalité des sels dissous (TDS) entre 187 et 520 et la conductivité électrique entre 172 et 343  $\mu\text{scm}^{-1}$ . Ce sont des valeurs caractéristiques des eaux douces. Les concentrations en  $\text{HCO}_3^-$  sont assez élevées (100 à 320 mg/l). Celles des sulfates  $\text{SO}_4^{2-}$  évoluent dans une gamme assez restreinte (0,8 à 7,5 mg/l), contrairement aux nitrates  $\text{NO}_3^-$  (1,7 à 34,1) et aux orthophosphates  $\text{PO}_4^{3-}$  (0,1 à 1,15 mg/l). Enfin, celles de l'ammoniaque libre  $\text{NH}_4^+$  (0,3-1,2 mg/l) et des chlorures  $\text{Cl}^-$  (22-32 mg/l) fluctuent légèrement et peuvent être considérées comme stables durant la durée de l'étude.

Les concentrations des métaux traces (tab. 2) varient comme suit : Pb : 4,63 à 32,5  $\mu\text{g/l}$  ; Cd : 0,01 à 0,96  $\mu\text{g/l}$  ; Fe : 11,12 à 43,21  $\mu\text{g/l}$  ; Zn : 1,16 à 120,44  $\mu\text{g/l}$  ; Mn : 0,1 à 4,1  $\mu\text{g/l}$  ; Ni : 0,3 à 7,7  $\mu\text{g/l}$  ; Cu : 0,01 à 16,34  $\mu\text{g/l}$ .

Les valeurs du pH sont voisines de la neutralité et deviennent légèrement alcali-

Date	pH	Conductivité $\mu\text{scm}^{-1}$	TDS mg/l	$\text{SO}_4^{2-}$ mg/l	$\text{Cl}^-$ mg/l	$\text{HCO}_3^-$ mg/l	$\text{NO}_3^-$ mg/l	$\text{NH}_4^+$ mg/l	$\text{PO}_4^{3-}$ mg/l	$\text{Ca}^{2+}$ mg/l	$\text{K}^+$ mg/l	$\text{Mg}^{2+}$ mg/l	$\text{Na}^+$ mg/l	Mg/Ca	Cl/Na
Avril	7,34	196	480	7,51	25,0	320	15,20	0,30	0,70	84,12	3,75	10,15	13,62	0,20	1,19
Mai	7,52	176	400	3,24	24,0	260	12,30	0,40	1,40	71,00	4,21	10,25	14,16	0,24	1,10
Juin	7,77	213	358	4,66	22,0	240	7,80	0,85	2,20	58,35	3,73	10,62	9,41	0,30	1,51
Juillet	7,78	213	313	4,72	25,0	195	1,68	0,47	2,62	47,70	2,02	10,68	10,52	0,37	1,54
Août	8,14	219	244	1,73	25,0	150	8,23	0,43	10,15	36,90	1,87	10,65	9,70	0,48	1,67
Sept.	8,35	265	197	12,15	25,0	120	17,56	0,84	11,61	25,01	2,84	11,26	10,23	0,74	1,58
Oct.	7,85	295	212	19,20	26,0	110	19,24	1,05	8,03	29,62	2,89	11,41	9,95	0,64	1,69
Nov.	7,88	231	210	17,82	27,0	100	29,61	0,37	3,98	25,70	2,98	11,62	9,85	0,75	1,78
Déc.	7,46	343	281	13,64	27,0	150	30,18	0,45	3,48	46,37	2,60	12,53	9,95	0,45	1,67
Janv.	7,25	176	355	1,38	32,0	160	34,09	1,22	1,05	51,29	5,83	11,17	9,71	0,36	2,13
Févr.	7,75	172	343	1,13	30,0	180	30,59	0,81	1,62	68,74	4,28	7,92	9,69	0,19	2,00
Mars	7,8	220	542	0,88	24,0	205	19,82	0,53	1,15	69,01	3,95	8,96	10,18	0,21	1,53

Tableau 1: Paramètres physico-chimiques (2000-2001).

Karaoun	Pb $\mu\text{g/l}^{-1}$	Cd $\mu\text{g/l}^{-1}$	Fe $\mu\text{g/l}^{-1}$	Zn $\mu\text{g/l}^{-1}$	Mn $\mu\text{g/l}^{-1}$	Ni $\mu\text{g/l}^{-1}$	Cu $\mu\text{g/l}^{-1}$
Avril	4,72	0,01	14,74	5,11	0,971	1,94	0,29
Mai	4,63	0,02	13,32	6,49	3,93	3,63	0,18
Juin	9,05	0,04	19,92	28,52	1,95	7,76	4,61
Juillet	10,11	0,10	26,39	40,74	0,18	6,20	16,34
Août	12,19	0,16	22,20	46,02	1,55	3,41	11,88
Sept.	11,22	0,19	33,12	23,03	1,02	2,89	<0,01
Oct.	15,32	0,19	43,21	85,11	1,79	5,86	2,48
Nov.	30,57	0,96	36,50	120,44	0,74	7,71	3,37
Déc.	9,51	0,69	22,97	116,68	4,07	5,57	1,97
Janv.	10,11	0,20	16,47	52,95	3,83	2,26	2,97
Févr.	32,53	0,33	12,20	17,13	2,38	0,27	3,18
Mars	13,16	0,08	11,12	1,16	1,02	2,13	1,19

Tableau 2: Variation des concentrations des métaux traces.

	Pb	Cd	Fe	Zn	Mn	Ni	Cu
Pb	1,00	.63	.06	-.10	-.12	.53	.01
Cd		1,00	.21	.53	-.05	-.17	-.09
Fe			1,00	.51	-.18	.08	.15
Zn				1,00	.15	.28	.14
Mn					1,00	-.15	-.07
Ni						1,00	.42
Cu							1,00

Tableau 3: Matrice de corrélation des métaux traces.

nes (pH 8,3) en été, conséquence du phénomène de précipitation, Nous avons remarqué une présence accrue des algues durant cette période. Une augmentation de la TDS est observée surtout au printemps, en relation avec les fortes décharges dans la retenue. Le diagramme de Scholler met en évidence une variation parallèle des éléments analysés, mais avec des valeurs différentes d'un mois à l'autre (fig. 2).

La composition chimique des eaux de la retenue est contrôlée par les effets de la dissolution et de l'érosion (WEISS, 1991). Elles sont bicarbonatées-calciques, avec des teneurs en ions variant selon l'ordre suivant :  $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$  pour les cations et  $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$  pour les anions.

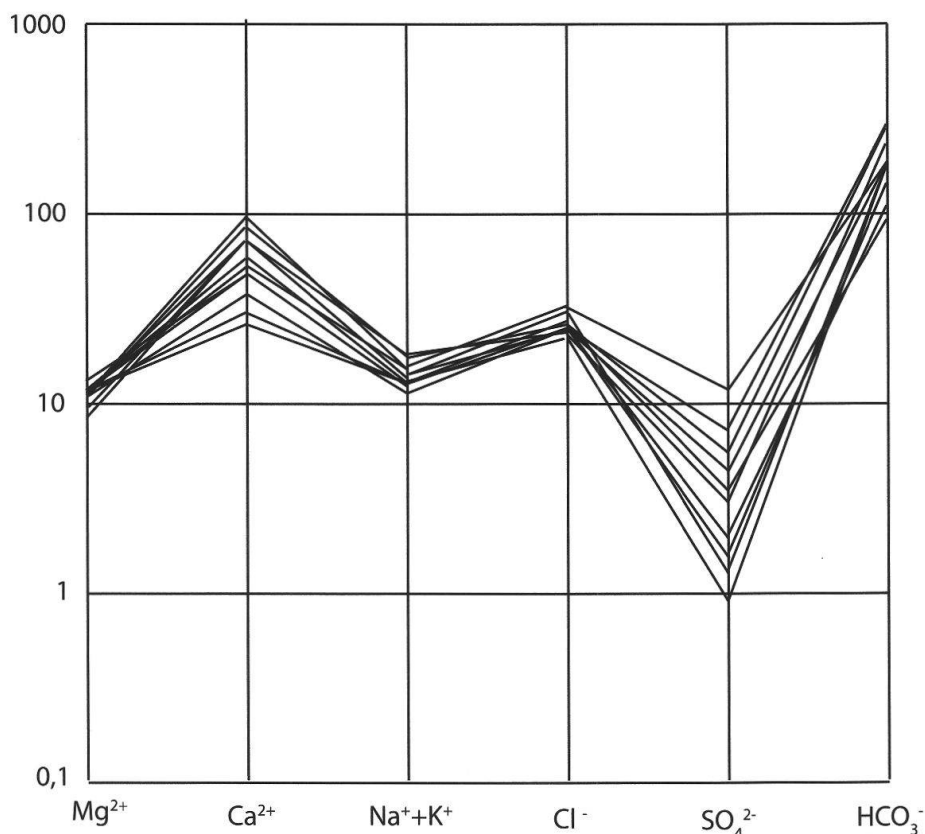
La dissolution de la calcite ( $\text{CaCO}_3$ ) et de la dolomite [ $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ] est dominante durant toute la période de l'étude. Le faible rapport  $\text{Mg}/\text{Ca} = 0,20$  de février à avril indi-

que que le temps de contact entre les eaux et les roches carbonatées est très court. Avec l'évaporation, ce rapport atteint 0,75 durant la période d'étiage (septembre-novembre) et est accompagné par la précipitation du calcium (KATTAN, 1997; SLIM *et al.*, 2000).

Le rapport  $\text{Cl}/\text{Na}$ , qui varie entre 1,1 en mai et 2,13 en janvier, est en relation avec l'apport éolien. Les teneurs élevées en chlorures sont la conséquence du lessivage des sols cultivés. L'augmentation des concentrations de  $\text{NH}_4^+$  indique une présence de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  d'origine anthropique, celle des sulfates durant l'automne est aussi due à l'utilisation massive de fertilisants. Les nitrates (1,7-34,1 mg/l) et les phosphates (0,1-8,0 mg/l) sont d'origines diverses : engrais, rejets industriels, fumier, décomposition des feuilles (HALWANI *et al.*, 1999; SLACK, 1964).

Les teneurs en métaux traces (plomb, cadmium, fer et zinc) augmentent avec la baisse

Concentration (mg/l)



**Figure 2:** Diagramme de Scholler (les lignes correspondent aux mois d'échantillonnage).

du niveau de l'eau, surtout en novembre. Ils se diluent progressivement avec la saison de précipitations, quand la retenue se recharge. Le tableau 3 met en évidence une bonne corrélation entre le plomb et le cadmium, ainsi qu'entre le zinc, le cadmium et le fer. On en déduit que leur origine est attribuable aux rejets agricoles et industriels. La concentration en zinc atteint 116,6 µg/l (maximum admissible 50 µg/l selon l'OMS (1994), ce qui est probablement dû à la dissolution des résidus de fertilisants.

Le cuivre, le nickel et le manganèse ne présentent pas de variations considérables, leur présence étant comparable à celle de l'eau de surface (WAGMANN *et al.*, 1979). Ces résultats sont compatibles avec ceux de OULABI *et al.* (1999) sur les eaux des sources libanaises.

#### LES ALGUES

##### *Algues non siliceuses*

Les algues microscopiques observées dans la retenue de Karaoun sont principalement des algues vertes filamenteuses (*Spirogyra lambertiana*, *Cladophora glomerata*, *Oedogonium* spp et *Ulothrix zonata*) sur lesquelles se développent de nombreuses cyanobactéries (*Oscillatoria* spp et *Phormidium retzii*). Le tableau 4 est loin d'être exhaustif, car il ne prend en compte que les récoltes de phytoplancton et le grattage des substrats des rives. L'examen de récoltes ultérieures de périphyton permettra de compléter cette liste.

On peut noter que, comme les paramètres physicochimiques des eaux, le peuplement algal subit de sensibles modifications saisonnières. L'augmentation des substances eutrophisantes telles que les phosphates et les nitrates en été et en automne coïncide avec l'abondance de plusieurs espèces de cyanobactéries dont les plus abondantes sont *Microcoleus vaginatus* et *Phormidium retzii*. D'autres espèces n'ont été observées que sporadiquement, telles *Anabaena spiroides*,

*Lyngbya kutzingii* var *minor* et *Oscillatoria raciborskii*. *A. spiroides* présente une poussée estivale, favorisée par une température avoisinant 35°C (SEKI *et al.*, 1982), et disparaît après. Parmi les desmidiées, *Staurastrum brachioprominens*, espèce citée dans les piscicultures de Sasa en Israël par BOURRELLY (1968), est présente ici presque toute l'année, mais avec une plus grande abondance printanière. La présence de la dinophycée *Ceratium hirundinella* en 2000 et sa disparition l'année suivante peut être expliquée par la baisse du niveau de la retenue à cause de la sécheresse mentionnée dans l'Introduction. Un cas semblable a été observé par POLLINGHER ET BERMAN (1982) dans le lac Kinneret.

##### *Algues siliceuses (diatomées)*

Elles constituent plus de la moitié de la flore algale et sont caractérisées par la présence presque continue de l'assemblage à *Aulacosira granulata* et *Fragilaria ulna* var *ulna*. Le peuplement est largement dominé par les taxons qui reflètent une pollution modérée ou aiguë selon les saisons (*Nitzschia palea*), mais qui montrent une large amplitude écologique vis-à-vis de la minéralisation. En effet, la retenue de Karaoun présente des valeurs de pH (jusqu'à 8,3) influencées par le calcium (jusqu'à 84,12 mg/l) et le magnésium (jusqu'à 12,53 mg/l), ce qui entraîne une abondance relative d'espèces alcaliphiles telles que *Achnanthes minutissima* var *cryptocephala*, *Cocconeis placentula* var *lineata* et *Navicula* cf *cryptocephala*. PALMER (1969) a énuméré les 80 espèces caractéristiques d'une pollution organique les plus citées par les auteurs. 20 espèces de la retenue de Karaoun figurent en tête de sa liste, dont *Nitzschia palea*, *Fragilaria ulna* et *Melosira varians*. En période d'étiage, les teneurs en matières eutrophisantes sont élevées ( $PO_4^{3-}$ : jusqu'à 11,61 mg/l et  $NO_3^-$ : jusqu'à 34,1 mg/l). Suite à cette pollution, les diatomées dominantes sont *Navicula* cf *cryptocephala*, *Cymatopleura solea* et *C. elliptica*.

En début d'été 2000, la présence accidentelle et sporadique d'espèces d'*Eunotia* telles que *E. pectinalis* var *undulata* et *E. tenella*, connues comme acidophiles, s'explique sans doute par les apports d'un affluent, le Ghozayel, qui draine la région marécageuse d'Ammiq (SLIM, 1984).

#### CONCLUSION

La retenue de Karaoun reçoit ses eaux de plusieurs cours d'eau issus de calcaires jurassiques, d'argile rouge et de marne crayeuse. La composition chimique de ses eaux est influencée par la dissolution de ces roches: elles sont de type bicarbonaté-calci-

Les teneurs en orthophosphates, en nitrates et en sulfates sont variables, leur aug-

mentation durant les périodes de précipitations est due au lessivage des champs riverains.

Les concentrations en métaux traces comme le cadmium, le plomb et le fer, augmentent quand le niveau de l'eau diminue. L'étude matricielle (tab.3) montre que l'origine de ces polluants est liée à la présence de petites industries qui déversent leurs déchets dans les cours d'eau de la région.

La présence des différentes cyanobactéries et des diatomées caractéristiques de milieux pollués confirment les résultats des analyses physicochimiques.

#### REMERCIEMENTS

Au Dr François Straub, pour la mise au point de la nomenclature des algues.

#### BIBLIOGRAPHIE

- ANDREW, D., C.; CLESCERI, L., S. & GREENBER, A. 1995. STANDARD METHOD FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. *APHA, AWWA, WPCF. 19<sup>th</sup> ed.* Washington D.C.
- BOURRELY, P. 1968. Quelques algues d'eau douce récoltées lors du XVII<sup>e</sup> congrès international en Israël (SIL). *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 1326-1337.
- GwW (Ground Water for Windows). 1996. Software.
- HALWANI, J., BAGHDAD, O., BAROUDI, N. & WALTE, M. *et al.*, 1999. Contamination par les nitrates des eaux souterraines de la plaine d'Akkar au Liban du Nord. *CAHIERS SANTÉ* 9 : 219-223.
- KATTAN, Z. 1997. Environmental isotope study of major karst springs in Damascus limestone aquifer systems : case of the Figehe and Barada springs. *Journ. Hydro.* 193 : 161-182.
- MOUBAYED, Z. 1986. Recherches sur la faunistique, l'écologie et la zoogéographie de trois réseaux hydrographiques du Liban : l'Assi, le Litani et le Beyrouth. *Thèse de doctorat. Toulouse.*
- O.M.S. 1994. Directives de la qualité pour l'eau de boisson 1(20). *Recommandations.* Genève.
- OULABI, M., SAAD, Z & SLIM, K. 1999. Study of metal concentration in water and sediment of some springs of Lebanon. *Jour. Europ. Hydrol.* 30(2) : 239-254.
- PALMER, M. 1969. A composite rating of algae tolerating organic pollution. *J. Phycol.* 5 : 78-82.
- POLLINGHER, U. & BERMAN, T. 1982. Relative concentrations of net and nano phytoplankton to primary production in lake Kinneret (Israël). *Arch. Hydrobiol.* 96 (1) : 33-46.



- PNUD/FAO. 1977. Développement hydro-agricole du sud Liban. *Plan régional du développement hydro-agricole. Première partie : le milieu physique.*
- SEKI, H.; OZAW, H. & ICHIMURA, S. 1981. Temperature dependance of filament length of *Anabaena spiriodes* var. *crassa*. *Hydrobiologia* 83 :419-423.
- SLACK, K. V. 1964. Effect of leaves on water quality in the Cacapon River, West Virginia. *U. S. GEOL SURV. PROF. PAPER* 475-D.
- SLIM, K. 1984. ETUDE DES AIGUES ÉPIPHYTIQUES DE LA MARE D'AMMIQ. *Bull. Soc. Sci. Bretagne* 56 (1-4) : 125-135.
- SLIM, K. 1996. Contribution à l'étude de la flore algologique du bassin du Litani. *Leb. Sci. Res. Reports* 1 : 65-73
- SLIM, K.; SAAD, Z. & KHALAF, G. 2000. Estimation de la qualité des eaux du Nahr Beyrouth : Utilisation de l'indice diatomique de polluo-sensibilité (IPSD). *Cahier de l'Assoc. Sci. Eur. pour Eau et Santé* 5(1) : 30-47.
- WAGMANN, R. & BARICA, J. 1979. Speciation and route of loss of cooper from lake water with implication to toxicity. *Water Res.* 13 ; 515-523.
- WEISS, R. F. 1991. The major and minor element geochemistry of lake Baikal. *Limnol. Oceano.* 36 (3) : 413-423.

**Tableau 4:** Liste des algues répertoriées dans la retenue de Karaoun

Chiffres en romain droit : mois de l'année 2000

Chiffres en italique : mois de 2001

CHLOROPHYCÉES.

<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs	3,4,5,6,7,8.
<i>Cladophora glomerata</i> (L.) Kütz.	3,4,5,6,7.
<i>Closterium acutum</i> Bréb. in Ralfs	5,6.
<i>C. ehrenbergii</i> Menegh.	5
<i>Coelastrum microporum</i> Näg.	3
<i>Cosmarium formosulum</i> Hoff in Nordstedt	5,6,9.
<i>Oedogonium</i> spp.	3,4,5, 3,6
<i>Pediastrum duplex</i> Meyer	5,6
<i>Scenedesmus crassus</i> Chod.	3,4,5,6,7,8,12.
<i>S. quadricauda</i> (Turp.) auct.	1,6,10
<i>Spirogyra lambertiana</i> Transeau	3,4,5,6,7,8,9,10,11,12, 1,2,3,4,5,8,9,10.
<i>Staurastrum brachioprominens</i> Borges	3,4,5,6,7,8,9,10,11,12, 1,2,3,6,7,8,9
<i>Tetraedron minimum</i> (A.Br.) Hansg.	3
<i>Ulothrix zonata</i> Kütz.	3,4,5,6,10,11.

EUGLÉNOPHYTES

<i>Euglena vagans</i> Defl.	8,1
<i>Phacus longicauda</i> (Ehr.) Duj.	5

PYRRHOPHYTES

*Ceratium hirundinella* (O.-F. Müller) Duj. 5,8,9,10,11,12, 1,2

CYANOPHYCÉES

*Anabaena spiroides* Klebahn 7,8,9  
*Dactylococcopsis irregularis* G. M. Smith 4  
*D. raphidiodes* Hansgirg sensu G. M. Smith 3,5  
*Lyngbya kutzingii* var. *minor* Gardner 3  
*Merismopedia glauca* (Ehr.) Kütz. 3,6,8  
*M. punctata* Meyen 3,4,5.  
*Microcoleus vaginatus* (Vaucher) Gomont 5,9,10,11,12, 1,8  
*Microcystis marginata* (Menegh.) Kütz. 9  
*M. robusta* (Clark) Nygaard 5,9,10,11,12, 9  
*Oscillatoria agardhii* Gomont 8,9  
*O. amphibia* Agardh 9, 2, 6,7,8,9,10  
*O. articulata* Gardner 3,5  
*O. irrigua* Kütz., 3,4,5,8,9  
*O. raciborskii* Wolosz. 9  
*Phormidium retzii* (Ag.) Gomont 8,9,10,11,12, 1,6,7,8,9,10  
*Pleurocapsa minor* Hansgirg 10,11, 8  
*Pseudoanabaena catenata* Lauterborn. 5,12, 8  
*Spirulina platensis* (Nordst.) Geitl. 12, 1  
*S. princeps* W. et GS. West 8,9,10,11,12, 1,8,9,10

DIATOMOPHYCÉES

*Achnanthes exigua* var. *heterovalva* Krasske 4  
*A. minutissima* var. *cryptocephala* Grün. 2,4,6,7,9,12, 6,7,8,9.  
*Amphora ovalis* Kütz. 2,4,6,8,9,10,1, 6,7,8,9.  
*A. veneta* Kütz. 2,4,6.  
*Aulacosira granulata* (Ehr) Simonsen 3,4,6,7,8,9\*,10\*,11\*,12, 1,7,8,9  
*Caloneis silicula* (Ehr.) Cleve 9  
*Cocconeis placentula* var. *euglypta* (Ehr.) Grun. 4,6,7, 6,7  
*C. p. var. lineata* (Ehr.) Van Heurck 2,3,4,5,6,7,8, 6,7,8,9  
*Cyclotella glomerata* Bachmann 7  
*C. meneghiniana* Kütz 4,6,8,9,10,11,12, 1,7,8,9  
*C. ocellata* Pant. 2,9,10,11,12, 8,9  
*Cymatopleura elliptica* (Bréb.) W. Smith 3,7,8,12, 7,8,9  
*C. solea* (Bréb.) W. Smith 3,6,7,8,9,10,11,12,1,7,8,9  
*Cymbella affinis* Kütz 4,6,9  
*C. tumida* (Bréb.) V. Heurck 2,6,9  
*C. ventricosa* Kütz 3,4,6,6,7  
*Diatoma elongatum* Agardh 3  
*D. vulgare* Bory 6  
*Diploneis puella* (Schum.) Cleve 4  
*Eunotia pectinalis* var. *undulata* (Ralfs) Rabenhorst 6  
*E. tenella* (Grun.) Hustedt 6,7  
*Fragilaria brevistriata* Grun. 9  
*F. capucina* var. *rumpens* (Kütz) Lange-B. 4,6

---

<i>F. capucina</i> var. <i>vaucheriae</i> (Kütz) Lange-B.	4
<i>F. famelica</i> var. <i>littoralis</i> (Germain) ) Lange-B.	6,7,12, 6,7,8,9
<i>F. ulna</i> var. <i>acus</i> (Kütz) Lange-B.	3,4,6,9,10,11,12, 1,7,8,9
<i>F. ulna</i> var. <i>ulna</i> (Nitz.) Lange-B.	2,3,4,5,6,7,8,9,10, 7,8,9,11
<i>Frustulia vulgaris</i> (Thwaites) De Toni	1
<i>Gomphonema constrictum</i> var. <i>capitata</i> (Ehr.) Cleve	2, 6,7
<i>G. dichotomum</i> Kütz.	6
<i>G. lanceolatum</i> Ehr.	7,8,9
<i>G. parvulum</i> var. <i>parvulum</i> (Kütz) Kütz.	2,6,12, 8
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kütz) Rabh.	3,8, 1,7,8,9
<i>Hantzschia amphioxus</i> (Ehr.) Grun.	8,9
<i>Melosira varians</i> Agardh	4,6, 6,7
<i>Meridion circulare</i> (Greville) Agardh	6
<i>Navicula cincta</i> (Ehr.) Ralfs	9
<i>N. cf. cryptocephala</i>	3,6,7,8,9, 10,11,12, 1.6. 7,8,9
<i>N. cuspidata</i> (Kütz) Kütz.	3,7,8,9,10,11,12, 7,8,9
<i>N. menisculus</i> Schum.	4,6,7,8,9,10,11, 7,8,9
<i>N. pupula</i> Kütz.	9,10
<i>N. rhynchocephala</i>	6,7,8,9,10,11,12, 7,8,9
<i>Nitzschia amphibia</i> Grun.	2,6, 6,7,8
<i>N. apiculata</i> (Greg.) Grun.	1,3,6,7,8,9,10, 7,8,9
<i>N. intermedia</i> Hantzsch	3,6,7,8,9, 7,8,9
<i>N. linearis</i> (Agardh) W. Smith	8
<i>N. palea</i> (Kütz.) W. Smith	6,7,8,9,10,11,12, 1,6,7,8,9
<i>N. recta</i> Hantzsch	10
<i>N. thermalis</i> var. <i>minor</i> Hilse	2,3
<i>Surirella biseriata</i> Bréb.	8,9,10
<i>S. ovata</i> var. <i>salina</i> (W. Smith) Rabh.	3,8,12, 8
<i>Thalassiosira fluviatilis</i> Hust.	10

---