Zeitschrift: Bulletin de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles
Band: 128 (2005)

Artikel: Evaluation de la qualité des eaux de la retenue de Karaoun (Liban)
Autor: Saad, Z. / Slim, K. / Elzein, G.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-89630

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

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'Energie 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, phytoplancton, 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 économic 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 HCO_3^-, Cl^-, SO_4^{2-}, PO_4^{3-}, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, K^+) and for some trace elements (Pb, Cu, Zn, Fe, Cd, Mn, Ni). Ion chromatography was used to measure the major ions (Cl^-, NO_3^-, SO_4^{2-}, 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 ordre : $Ca^{2+} > Mg^{2+} > Na^+ > K^+$. 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 attribuated 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^2, dont 1882 km^2 (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^3. En 2000, la sécheresse estivale et automnale a ramené un volume d'eau estimé à 220 millions de m^3 jusqu'au seuil critique de 29 millions de m^3 (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^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, K^+. 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-

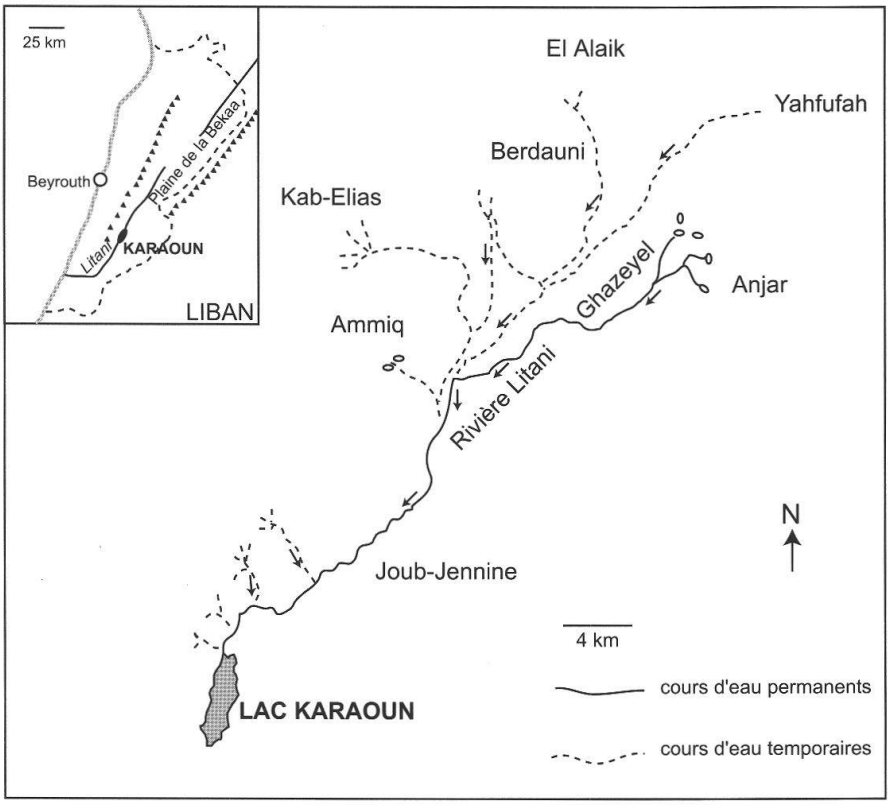

Figure 1: Carte de la retenue du Karaoun.

nomènes d'interférences, nous avons utilisé une matrice convenable pour chaque métal. Les ions tels que NO_3^-, NH_4^+, PO_4^{3-} et 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 μscm^{-1}. Ce sont des valeurs caractéristiques des eaux douces. Les concentrations en HCO_3^- sont assez élevées (100 à 320 mg/l). Celles des sulphates SO_4^{2-} évoluent dans une gamme assez restreinte (0,8 à 7,5 mg/l), contrairement aux nitrates NO_3^- (1,7 à 34,1) et aux orthophosphates PO_4^{3-} (0,1 à 1',15 mg/l). Enfin, celles de l'ammoniaque libre NH_4^+ (0,3-1,2 mg/l) et des chlorures 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 µg/l ; Cd : 0,01 à 0,96 µg/l ; Fe : 11,12 à 43,21 µg/l ; Zn : 1,16 à 120,44 µg/l ; Mn : 0,1 à 4,1 µg/l ; Ni : 0,3 à 7.7 µg/l ; Cu : 0,01 à 16,34 µg/l.

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

Date	pH	Conductivité µscm^{-1}	TDS mg/l	SO_4^{2-} mg/l	Cl^- mg/l	HCO_3^- mg/l	NO_3^- mg/l	NH_4^+ mg/l	PO_4^{3-} mg/l	Ca^{2+} mg/l	K^+ mg/l	Mg^{2+} mg/l	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 µgl^{-1}	Cd µgl^{-1}	Fe µgl^{-1}	Zn µgl^{-1}	Mn µgl^{-1}	Ni µgl^{-1}	Cu µgl^{-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 : $Ca^{2+} > Mg^{2+} > Na^{+} > K^{+}$ pour les cations et $HCO_3^- > Cl^- > SO_4^{2-}$ pour les anions.

La dissolution de la calcite ($CaCO_3$) et de la dolomite [$CaMg(CO_3)_2$] est dominante durant toute la période de l'étude. Le faible rapport Mg/Ca= 0,20 de février à avril indique 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 Cl/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 NH_4^+ indique une présence de NH_4Cl 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

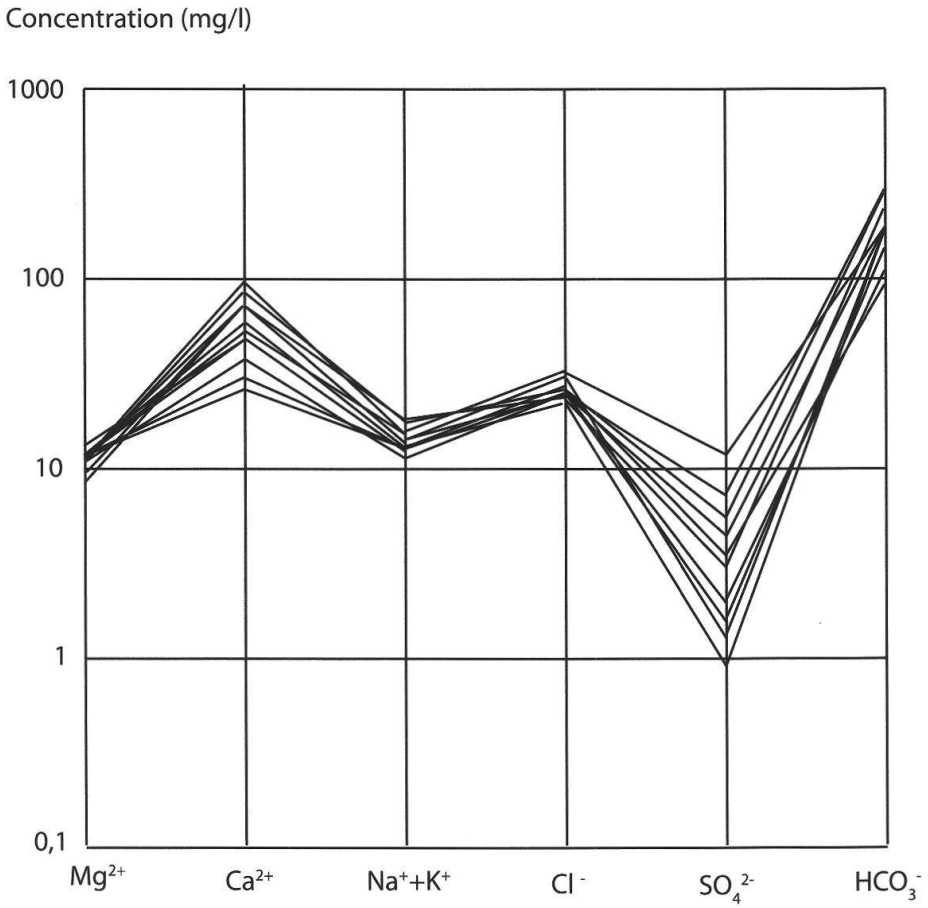

Figure 2: Diagramme de Scholler (les lignes correspondent aux mois d'échantillonnage.

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 *Nitschia 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-calcique.

Les teneurs en orthophosphates, en nitrates et en sulfates sont variables, leur augmentation 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. 19th ed.* Washington D.C.

BOURRELY, P. 1968. Quelques algues d'eau douce récoltées lors du XVIIe congrès international en Israël (SIL). *Verh. Internt. 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 Figeh 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. Géol. Surv. prof. paper*, 475-D.

SLIM, K. 1984. Etude des algues 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.	
Ankistrodesmus falcatus (Corda) Ralfs	3,4,5,6,7,8.
Cladophora glomerata (L.) Kütz.	3,4,5,6,7.
Closterium acutum Bréb. in Ralfs	5,6.
C. ehrenbergii Menegh.	5
Coelastrum microporum Näg.	3
Cosmarium formosulum Hoff in Nordstedt	5,6,9.
Oedogonium spp.	3,4,5, *3,6*
Pediastrum duplex Meyer	5,6
Scenedesmus crassus Chod.	3,4,5,6,7,8,12.
S. quadricauda (Turp.) auct.	*1,6,10*
Spirogyra lambertiana Transeau	3,4,5,6,7,8,9,10,11,12, *1,2,3,4,5,8,9,10.*
Staurastrum brachioprominens Borges	3,4,5,6,7,8,9,10,11,12, *1,2,3,6,7,8,9*
Tetraedron minimum (A.Br.) Hansg.	3
Ulothrix zonata Kütz.	3,4,5,6,10,11.
Euglénophytes	
Euglena vagans Defl.	8,1
Phacus longicauda (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. rhaphidiodes 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. Heurk	2,*6,9*
C. ventricosa Kütz	3,4,6,*6,7*
Diatoma elongatum Agardh	3
D. vulgaris 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

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