

## **EVOLUTION SPATIALE DE L'ENVAISEMENT DU LAC OUBEIRA IMPOSE PAR L'EROSION (EXTREME NE ALGERIEN)**

### **SPACE EVOLUTION OF THE SILTING OF OUBEIRA LAKE IMPOSED BY EROSION (EXTREME NE ALGERIAN)**

**Alayat H<sup>1</sup>, Kherici N<sup>2</sup>, Lamouroux C<sup>3</sup>.**

<sup>1</sup>*Centre universitaire d'El Tarf 36000, El Tarf, Algérie*

<sup>2</sup>*Dpt Hydrogéologie. Univ. Badji Mokhtar, , Sidi Amar 23000, Annaba, Algérie.*

<sup>3</sup>*Université des Sciences et Technologies de Lille, UFR des Sciences de la Terre, UMR 8110 Processus et bilans des domaines sédimentaires, bâtiment SN5, 59655, Villeneuve d'Ascq cedex, France*

#### **RESUME**

Le lac endoréique Oubeira, vaste plan d'eau situé au NE algérien (36°51'N-8°23'E), à une altitude de 23 m, est soumis à des contraintes naturelle et anthropique sévères, pendant la saison sèche qui débute généralement en Avril et s'achève en Octobre. Sa configuration géométrique et son exposition aux vents font que les eaux du lac sont bien brassées sur toute la colonne d'eau. Les premiers résultats qui couvrent tout le plan d'eau, peu profond, montrent la minéralisation moyenne des eaux tempérées chaudes, qui libèrent du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, un pH alcalin, supérieur à 8, lié à l'évaporation intense et à l'activité biologique, notamment la photosynthèse et à la précipitation de calcite. Les mesures physico-chimiques se sont révélées d'un apport considérable pour identifier l'individualisation de deux masses d'eau distinctes, l'une à l'Est et l'autre à l'ouest et l'absence de couches limnologiques. Les conditions du milieu font que les particules organiques sont dégradées dans la colonne d'eau. La conservation de débris organiques dans le milieu réducteur représenté par la vase est très réduite. De forme presque circulaire, le lac Oubeira a un fond plat, recouvert généralement de vases grisâtres, en raison de la présence de fer réduit, d'une épaisseur n'excédent pas les 2 m. L'épaisseur de la lame d'eau, en fin de saison sèche ne dépasse guère les 1.50 m et la profondeur maximale, entre la surface du lac et le substratum dure est de l'ordre de 3.50 m, en période de sécheresse.

**Mots-clés :** Lac, transects, bathymétrie

**ABSTRACT :**

The endoreic lake Oubeira, vast lake located in Algeria (36°51' N-8°23' E), at an altitude of 23 m, is subject to severe natural and anthropic constraints during the dry season, which generally begins in April and is completed in October. Due to its geometrical configuration and wind exposure, the water of the lake is well brewed within the entire water column. The first results, covering all the shallow water level, show the average mineralisation of hot moderate water, which releases CO<sub>2</sub> in the atmosphere, an alkaline pH, higher than 8, related to intense evaporation and biological activity, in particular photosynthesis and calcite precipitation.

Physicochemical measurements brought a considerable contribution to identify the individualization of two distinct water masses, one in the East and the other in the West, and the absence of limnologic layers. The conditions of the environment make organic particles degraded in the water column. Conservation of organic remains in the reducing environment, represented by the mud, is much reduced. Almost circular, the lake Oubeira has a flat bottom, generally covered with greyish mud, because of the presence of reduced iron, less than 2 m thick. The thickness of the water blade hardly exceeds 1.50 m at the end of the dry season and the maximum depth, between the surface of the lake and the substratum is about 3.50 m, in period of dryness.

**Key words:** Lake, transect, bathymetry

**INTRODUCTION**

Les lacs du pourtour méditerranéen, et plus particulièrement ceux de l'Afrique du nord, connaissent une dégradation qualitative et quantitative, résultant de contraintes naturelles (précipitations, écoulements, envasement) et anthropique (prélèvements, rejets). Cette dégradation a eu des conséquences sur le développement économique de certaines régions.

Le lac Oubeira faisant l'objet de cette étude est situé au NE algérien (Fig. 1). Ce lac d'une superficie de 21.73 Km<sup>2</sup>, reçoit des rejets d'eaux usées de petites localités et subit en saison sèche des prélèvements destinés à l'irrigation. Ces actions ont pour l'instant peu d'effets sur les caractéristiques physico-chimiques des eaux (température, conductivité, oxygène dissous...).

Les apports de la saison sèche des affluents sont habituellement faibles et incapables d'apporter d'intenses perturbations dans la masse aquatique. En raison de sa situation en zone nord-africaine, soumise au climat méditerranéen, la région est marquée par de très fortes pertes par évaporation et par une érosion importante accentuée par la déforestation du B.V.

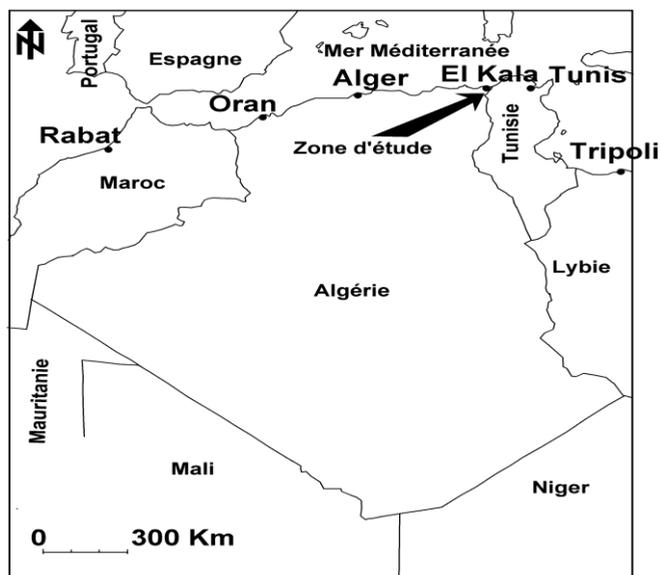


Fig. 1. Carte de situation de la zone d'étude

Le lac endoréique d'Oubeira doit sa pérennité à un équilibre subtil entre une évaporation d'environ 1500 mm/an et une alimentation pluviale d'environ 850 mm/an (Alayat, 1991). La dimension du bassin versant et l'apport non négligeable des nappes en saison sèche, permettent de compenser ces pertes importantes et de pérenniser le lac. Le déséquilibre entre les apports et l'évaporation, à cette époque de l'année, suite aux prélèvements anthropiques, à la forte insolation et aux températures élevées engendre chaque année un rétrécissement temporaire du lac. L'eau se retire sur 100 à 200 m et parfois plus, notamment vers le Nord Ouest et le Nord Est.

Ce lac qui se maintient depuis le quaternaire, s'est asséché complètement à la fin de l'été 1990, suite à des pompages importants destinés à l'AEP et à une séquence d'années sèches.

Par conséquent, le potentiel hydrique même s'il est suffisant n'est pas inépuisable. Connaître la qualité de l'eau permet de guider le choix des projets de développement, notamment dans les domaines agricole et aquacole et éviter à terme une grave déstabilisation de ce milieu.

L'objectif de ce travail préliminaire consiste à déterminer l'impact de l'envasement, in-situ en région méditerranéenne, sur la géomorphologie du lac et sur les paramètres physico-chimiques de l'eau et de réaliser pour la première fois des cartes bathymétriques, à partir d'un maillage serré. Les mesures ont été réalisées à la fin de l'étiage, juste avant les premières pluies d'automne, au cours du mois d'octobre 2006. Cette période coïncide avec son niveau le plus bas de l'année (évaporation et prélèvements accrus liés à l'irrigation).

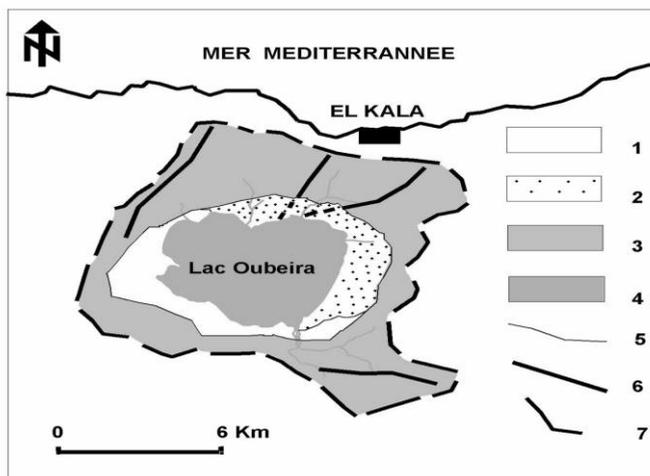
## CONTEXTE GEOLOGIQUE

Les nombreuses études géologiques en Algérie avaient pour principal objectif d'en améliorer la connaissance afin de faciliter l'identification et la localisation de gisements (d'eaux souterraines, miniers, pétroliers,...). Selon les nombreux travaux qui existent (Joleaud, 1936 ; Kieken, 1961 ; Durand Delga, 1969 ; Raoult, 1974 ; Vila, 1980 ;...) la géologie de la région est très complexe en raison de nombreuses surfaces de chevauchement et de failles qui ont eu de nombreux rejeux et perturbent les successions de formations essentiellement sédimentaires surtout au cours des phases alpines.

Le Numidien (Oligocène à Burdigalien) affleure largement dans le B.V. du lac Oubeira. Il est représenté par une formation essentiellement gréseuse comportant à la base et au sommet respectivement des argiles sous-numidiennes et des argiles associées à des marnes supra-numidiennes (Fig. 2). Le pléistocène est visible à l'Est du lac. Il est constitué de sables provenant de la marmorisation de grès numidien, sous l'effet de l'hydromorphie visible à ce jour. Les profils pédologiques réalisés sur la rive ont montré un engorgement durant la plus grande partie de l'année (nappe perchée) et la présence de gley réduit.

Les marques d'oxydo-réduction dans le sol sont souvent intenses à cause des fluctuations saisonnières de la nappe. Le quaternaire est généralement argilo-limoneux. Il est associé à des conglomérats dans son extension ouest. Les failles visibles rencontrées dans le B.V. sont peu nombreuses.

Elles sont parfois associées en partie au réseau hydrographique.



1. Quaternaire ; 2. Pléistocène ; 3. Flysch non différencié (surtout grès numidiens et argiles de base) ; 4. étendues d'eau ; 5. Contacts géologiques ; 6. Failles ; 7. Limites du bassin versant

Fig. 2 : Carte géologique simplifiée de la région (vila 1980)

## MATERIEL ET METHODES

Six transects parallèles ont été réalisés au niveau du lac Oubeira (Fig. 3). Les mesures ont été effectuées sur des verticales en fonction de la lame d'eau. Un point de mesure au milieu de la verticale pour une lame d'eau de moins d'un mètre et deux points de mesures (l'un à proximité du fond et l'autre à proximité de la surface) pour une lame d'eau de plus d'un mètre. Une cinquantaine de points de mesure ont ainsi été réalisés dans le lac, afin de mieux cerner la bathymétrie, l'envasement et l'évolution spatiale des paramètres physico-chimiques.

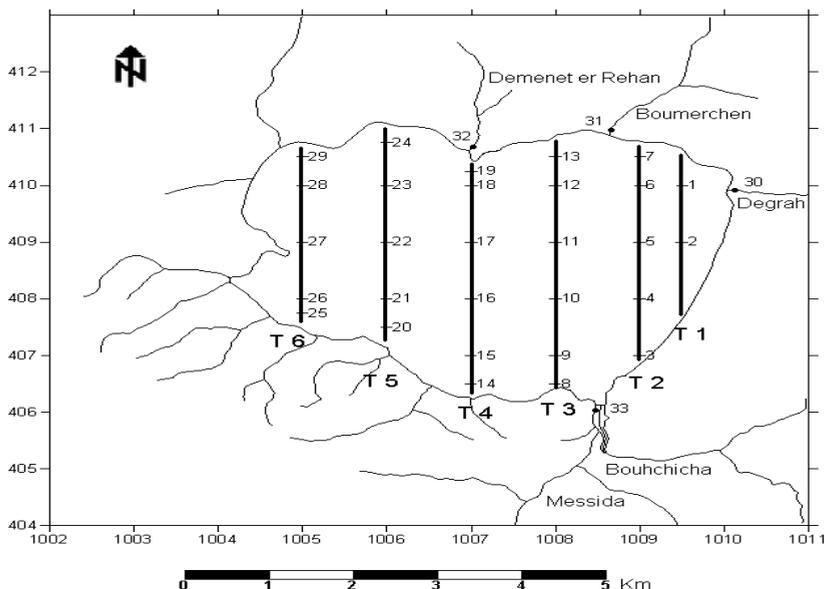


Fig. 3. Carte des transects bathymétriques

### Mesures et prélèvements

Les mesures réalisés in-situ sont :

- la localisation des stations de mesure et d'échantillonnage avec un GPS Garmin 72
- la hauteur de la lame d'eau et l'épaisseur de la vase avec une perche graduée
- la conductivité électrique, TDS et la température de l'eau avec un conductimètre (HACH)
- le pH avec un pH mètre (HACH)
- l'oxygène dissous avec un oxymètre WTW

Les prélèvements d'eau destinés aux analyses physico-chimiques (réalisées au laboratoire de l'UMR 8110) ont permis la détermination des concentrations :

- des chlorures, sulfates, nitrates et fluor par chromatographie ionique
- des cations majeurs par ICP-AES
- des éléments traces par ICP-MS

## PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESULTATS

### La bathymétrie

L'objectif de la bathymétrie est d'obtenir une représentation graphique du fond du lac sous forme d'un ensemble d'isobathes, dont l'étude permet d'identifier des anomalies topographiques (Hinschberger et al, 2003). Les profils bathymétriques réalisés pour la première fois (Fig. 3), en octobre 2006, représentent l'état du fond du lac Oubeira à ce moment là. La géomorphologie du lac déduite des isobathes montre une stabilité du fond, avec un accroissement de la profondeur des berges vers le centre et l'absence de haut fond ou de bas fond (Fig. 4). La profondeur maximum observée est de 1.50 m.

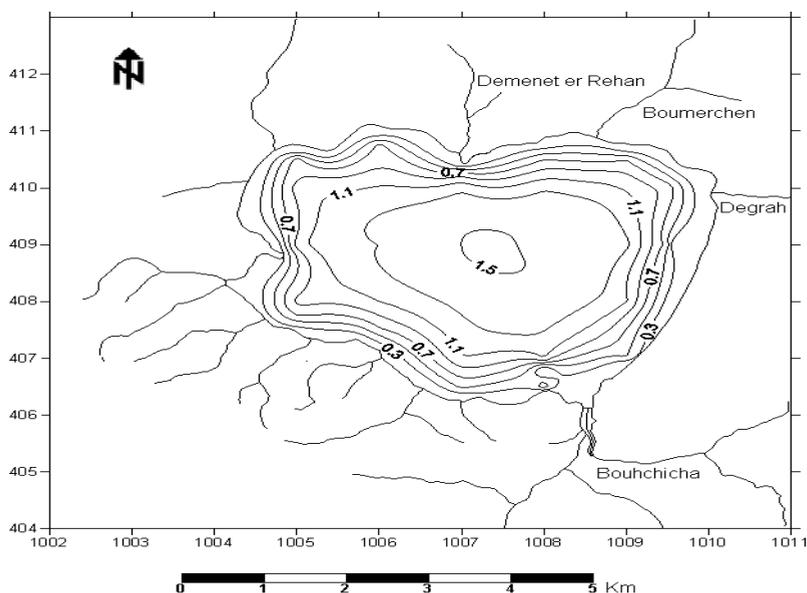


Fig. 4. Carte isobathe du lac Oubeira

La carte en isopaques de la vase du lac Oubeira montre que le fond du lac est recouvert d'une épaisse couverture de vase, qui atteint sa puissance maximum au centre (Fig. 5). La répartition de la vase épouse celle de la bathymétrie (Babault et al).

Cet envasement pourrait entraîner à terme une grave déstabilisation de ce milieu qui est un témoin environnemental extrêmement précieux.

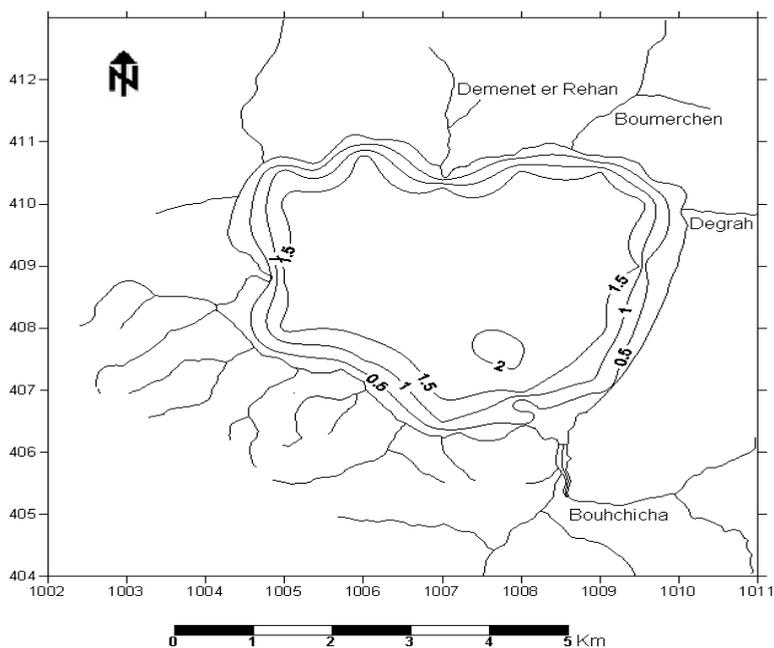


Fig. 5. Carte iso-épaisseur vase du lac Oubeira

Les profils bathymétriques longitudinaux (noté T 4) et transversal noté (noté T 7) illustrent la colonne d'eau associée à la vase et l'aspect morphométrique de la cuvette lacustre (Fig. 6). La dénivelée très faible confère au lac un fond plat. Les profils bathymétriques montrent des différences négligeables entre les levés N-S et E-W.

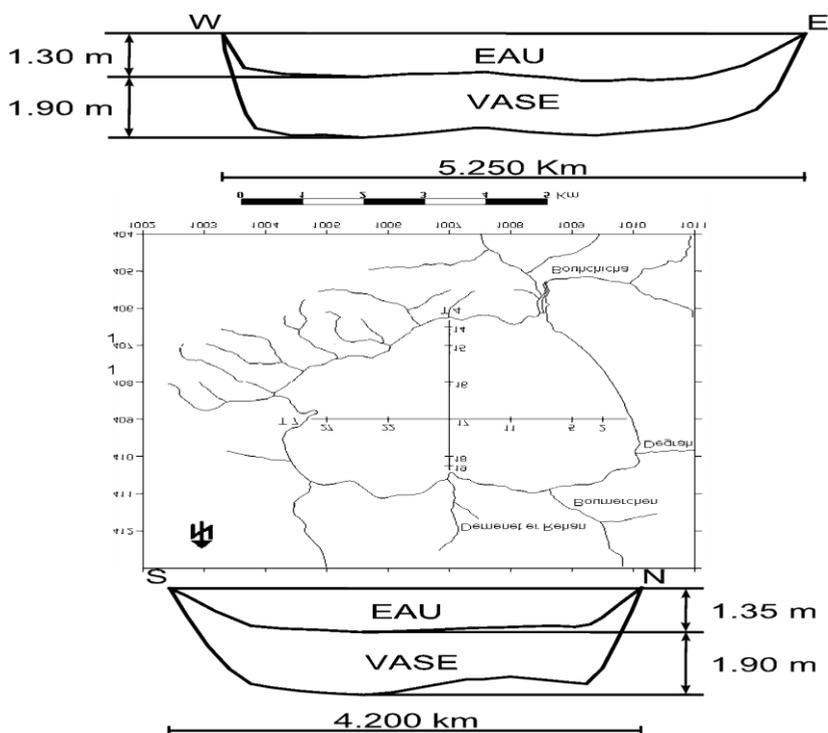


Fig. 6. Coupes bathymétriques N-S et E-W

**La température**

L'enregistrement thermique est indispensable pour comprendre les processus biologiques, chimiques et minéralogiques qui se déroulent dans un lac. Au début de la saison sèche, l'eau de surface se réchauffe sous l'influence du rayonnement solaire et la chaleur se propage en profondeur. Les profils thermiques verticaux réalisés soulignent parfois de légères disparités entre la surface et le fond. A la fin de la saison sèche, la température de l'eau du fond est généralement plus élevée que celle de la surface, de l'ordre de 0.5 à 1 °C. Cette différence s'explique par la lenteur des phénomènes de réchauffement et/ou de refroidissement, qui se déroulent dans la colonne d'eau (Dandelot et al., 2005 ; Constant et al., 2005).

La confrontation de la température du lac à celle de l'air montre une différence de l'ordre de 3 à 7 °C. A la fin de la saison sèche la répartition des isothermes des stations sur la surface lacustre montre que quelque soit la profondeur, elles épousent parfaitement le profil bathymétrique du lac (Fig. 7).

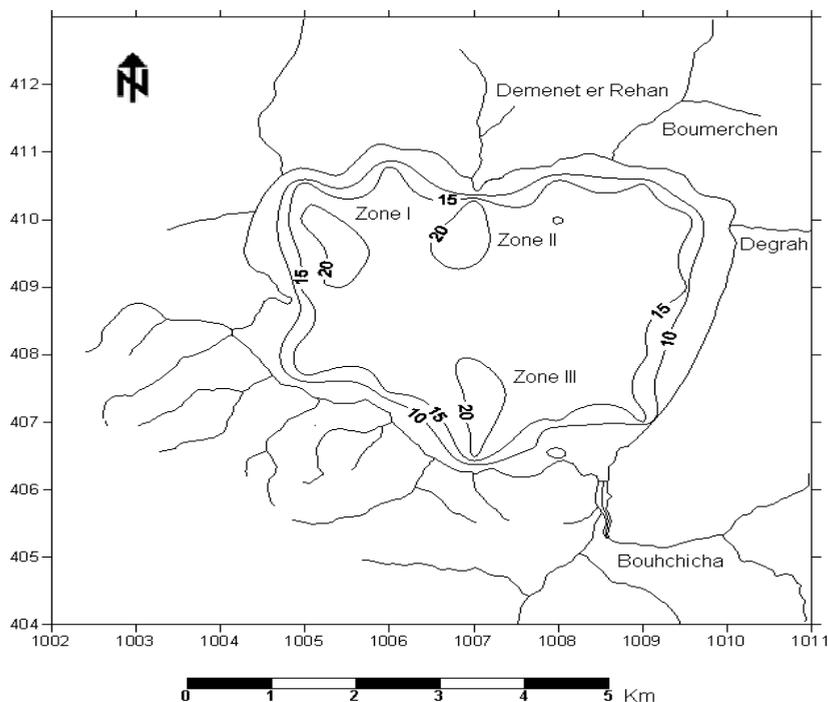


Fig. 7 . Carte isotherme du fond du lac Oubéira

### Diagramme de Piper

Le report des résultats d'analyses des transects transversal et longitudinal sur un diagramme triangulaire montre la superposition et le regroupement des stations étudiées en amas, en raison de la faible variabilité des concentrations d'une station de mesure à l'autre (Fig. 8 et 9). Les points figuratifs des oueds Demenet er Rehane, Boumerchen et Bouhchicha sont associés à ceux du lac. Seuls les points représentant l'oued Degrah et la pluie s'en écartent de façon significative. Il s'ensuit que les eaux lacustres et celles des affluents sont chlorurées sodiques et potassique par contre celles de la pluie sont bicarbonatées calciques et magnésiennes.

Les eaux du lac peu minéralisées à moyennement minéralisées (390-760  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) sont chlorurées sodiques de type Na-Cl. Elles sont différentes des eaux de pluies, bicarbonatées calciques et magnésiennes, faiblement minéralisées (204  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) de type Ca-Mg- $\text{HCO}_3$ , par contre très proches de celles des affluents, qui sont moyennement minéralisées. Les sédiments Quaternaires fins du fond du lac sont les produits d'altération et d'érosion du Numidien grésio-argileux, des argiles sous-numidiennes et des argiles associés aux marnes supra-numidiennes. Ils transmettent à l'eau lacustre une part des caractéristiques géochimiques. De plus, les eaux de pluies et celles affluents Demenet er Rehan et Boumerchen perdent leurs caractéristiques principales au contact des eaux du lac. Les concentrations en éléments majeurs semblent croître en fonction du temps de séjour de l'eau. Nous observons ici le résultat d'échanges cationiques sur des minéraux argileux.

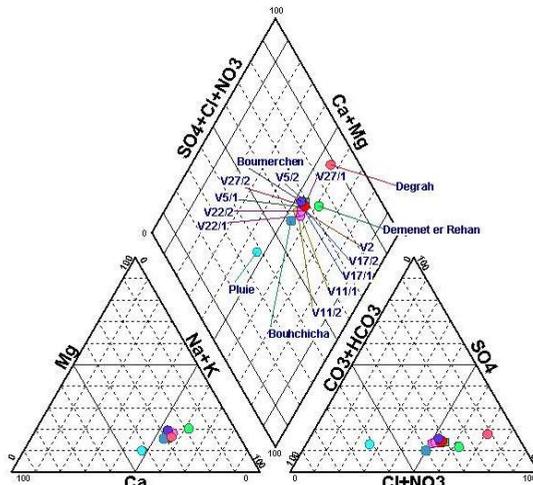


Fig. 8. Faciès chimiques des eaux du profil transversal du lac Oubeira, des oueds Demenet er Rehan, Boumerchen, Degrach, Bouhchicha et de pluie

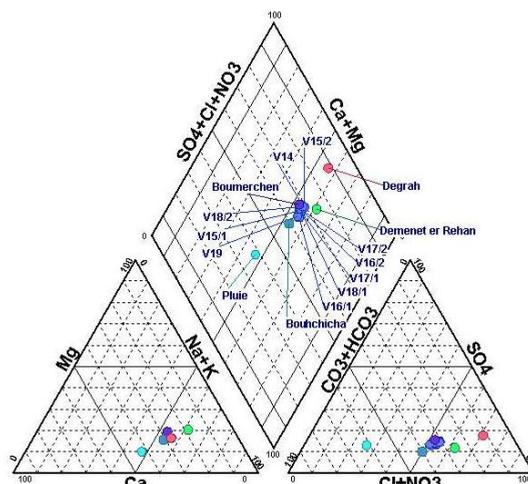


Fig. 9. Faciès chimiques des eaux du profil longitudinal du lac Oubeira, des oueds Demenet er Rehan, Boumerchen, Degrah, Bouhchicha et de pluie

### Autres éléments dissous

Le fer, l'aluminium, le manganèse et le fluor présent dans les eaux lacustres proviennent de l'altération chimique des sédiments provenant de l'érosion des roches sédimentaires (grès, argiles et marnes...) du B.V. La concentration du fer oscille entre 0.10 et 3.23 mg/l.

Il s'ensuit que les eaux du lacs sont donc généralement riches en fer (Tabl. I). Ce fer est présent dans l'eau sous forme réduite  $Fe^{2+}$ . Il précipite sous forme oxydée  $Fe^{3+}$  au contact de l'air. La concentration de l'aluminium dépasse par endroit la concentration recommandée. Mais ce dépassement est ponctuel et limité à peu de stations. La floculation de l'hydroxyde d'aluminium entraîne une accentuation de la coloration de l'eau par le fer. Le manganèse quant à lui, dépasse généralement la concentration recommandée et peut atteindre 0.49 mg/l au maximum. Il a la même répartition spatiale que le fer. Enfin, la concentration du fluor varie très peu d'une station de mesure à l'autre et il ne dépasse pas la concentration recommandée.

Tableau I: Valeurs extrêmes et moyennes de Fe,Al, Mn et F des eaux du lac Oubeira

Valeurs	Fe mg/l	Al mg/l	Mn mg/l	F mg/l
Minimum	0,10	0,03	0,03	0.18
Moyenne	0,59	0,15	0,12	0.27
Maximum	3,23	0,88	0,49	0.45
Norme	0,2	0,2	0,05	1,5

## Turbidité

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. Elle traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques...). Les mesures effectuées montrent que la turbidité de la masse d'eau aquatique varie très peu dans l'espace, de l'ordre de 18 à 25 NTU (nephelometric turbidity unit). Selon la classification du réseau francophone sur l'eau et l'assainissement (noté, RéFEA), qui en compte 4 classes, l'eau du lac Oubeira est légèrement trouble ( $5 < \text{classe} < 30 \text{NTU}$ ).

## CONCLUSION

Le lac Oubeira est un témoin environnemental extrêmement précieux, qui intègre de nombreux paramètres hydroclimatiques qui réagissent rapidement. A la fin de la saison sèche le comportement général de la température du lac est presque identique. Il ne présente pas de stratification thermique. La stratification lacustre est perturbée par la direction et l'intensité des vents violents, capables de réinstaurer une homogénéisation dans la colonne d'eau.

Les valeurs de la CE imposées par les conditions sévères de la sécheresse montrent que l'eau lacustre est de bonne qualité. Aucun élément chimique majeur ne sort des normes pour l'eau de boisson, ce qui justifie sans doute son utilisation par le passé pour la consommation humaine (durant les années 80). Son TH compris entre 15 ° F et 16 ° F est celui d'une eau douce. Cependant, cette eau est non potable sur le plan bactériologique, ne peut être distribuée sans traitement. L'auto-épuration activée par le brassage continu des eaux fait que la teneur des composés d'azote et de phosphore est très faible et montre l'absence de dégradation particulière de la qualité de l'eau qui serait à l'origine de l'eutrophisation.

L'eau du lac a une minéralisation comparable à celle des affluents, elle est peu influencée par les activités humaines.

Par ailleurs, la dégradation des argiles, des marnes et des grès ferrugineux sont à l'origine des teneurs anormales de fer, d'aluminium, de manganèse et de fluor présents dans l'eau. Ces éléments rendent cette eau impropre à la consommation humaine et si elle est distribuée, elle serait à l'origine de pathologie grave.

Les faibles variations d'opacité peuvent s'expliquer par le déclin de la prolifération algale, suite à la diminution des réserves nutritives, au développement zoologique, à l'absence de stratification thermique et aux vents violents.

Enfin, l'envasement du lac est un problème majeur qui à long terme entraînera la modification de l'écosystème. Un dragage s'impose !

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Alayat H., 1991, Les eaux superficielles et la nappe phréatique de la plaine d'Annaba. Th. Doct., Univ. de Nancy II, 382p.
- Babault J., van den driessche j., 2005, L'érosion des chaînes de montagnes. *C. R. Géoscience* 337, pp.1431-1438.
- Constant P., Poissant L., Villemur R., 2005, Impact de la variation du niveau d'eau d'un marais du lac Saint-Pierre (Québec, Canada) sur les concentrations et les flux d'hydrogène, monoxyde de carbone, méthane et dioxyde de carbone. *Rev. Sci. Eau, géol*, pp. 521-539.
- Dandelot S., Matheron R., Le Petit J., Verlaque R., Cazaubon A., 2005, Variations temporelles des paramètres physicochimiques et microbiologiques des trois écosystèmes aquatiques (Sud-Est de la France) envahis par des *Ludwigia*. *C.R. Biologies* 328, pp. 991-999.
- Durand Delga M., 1969, Mise au point sur la structure du Nord-Est de la Berbérie. Publ. Serv. Carte géol. Algérie, N.S., *Bull. soc. Géol.fr.*, (7), xiii, p. 328-337, 7 fig., Paris.
- Hinschbregger F, Malou J. A., Rehault J. P., Burhanuddins S., 2003, Apport de la bathymétrie et de la géomorphologie à la géodynamique des mers de l'Est-indonésien. *Bull. Soc.Géol.Fr.* n°6, pp. 545-560.
- Joleaud L., 1936 Etude géologique de la région de Bône-la Calle. *B.S.G.A.* (2), n°12, 199 p., 25 fig., 2 tabl., 4 pl.
- Kieken M., 1961, Les traits essentiels de la géologie algérienne. In livre Mém. Prof. P. Fallot, Mém. h.-sér. *Soc.Géol.Fr.*, (1960-1962), I, p. 545-614, 6 pl.

- Raoult J.-F.,1974, Géologie du centre de la chaîne numidique (Nord du constantinois, Algérie). Thèse Sc. Paris. Mém. *Soc.Géol.Fr.*, N.S., LIII, mém. n° 121, p 1-163, 62 fig., 9 pl.h.t., carte géol.h.t., Paris.
- Vila J.M.,1980, La chaîne Alpine d'Algérie orientale et des confins Algéro-tunisiens. Thèse de doctorat ès sciences naturelles, Université Pierre et Marie Curie (Paris VI), 2 t, 665 p., 199 fig., 40 pl.