

# EVOLUTION SPATIALE DES CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX DU LAC OUBEIRA IMPOSE PAR LES CONDITIONS SEVERES DE LA SECHERESSE (EXTREME NE ALGERIEN)

*Hacène Alayat*

Laboratoire agriculture et fonctionnement des écosystèmes. Universitaire  
d'El Tarf, Algérie

*Jamal El Khattabi*

Université des Sciences et Technologies de Lille, UFR des Sciences de la  
Terre, Laboratoire génie civil et géo-environnement Lille Nord de France,  
bâtiment polytech, Villeneuve d'Ascq cédex, France

*Christian Lamouroux*

Université des Sciences et Technologies de Lille, UFR des Sciences de la  
Terre, Villeneuve d'Ascq cédex, France

---

## 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 and the maximum depth, between the surface of the lake and the substratum is about 3.50 m, in period of dryness.

---

**Keywords:** Lake, Oubeira, transect, bathymetry, hydrochemistry, dryness

---

## **Resumé**

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 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.

---

**Motsclés:** Lac, Oubeira, transects, bathymétrie, hydrochimie, sécheresse

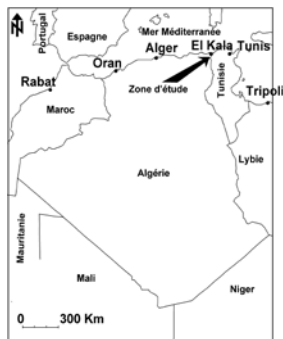
---

## **1. Introduction**

Les lacs du pourtour méditerranéen, et plus particulièrement ceux de l'Afrique du nord, connaissent une dégradation qualitative et quantitative, résultant de contraintes naturelle (précipitations, écoulements) 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.



**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 (Anonyme, 2001). 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.

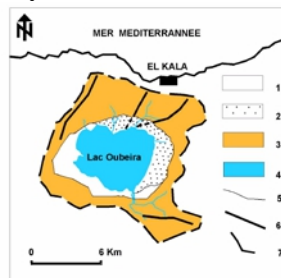
L'objectif de ce travail préliminaire consiste à déterminer l'impact de la sécheresse, in-situ en région méditerranéenne, sur les paramètres physico-chimiques de l'eau et de réaliser pour la première fois des cartes bathymétriques, à partir d'un maillage serré. Les prélèvements ont été réalisés à la 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).

## 2. Contexte Géologique

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.



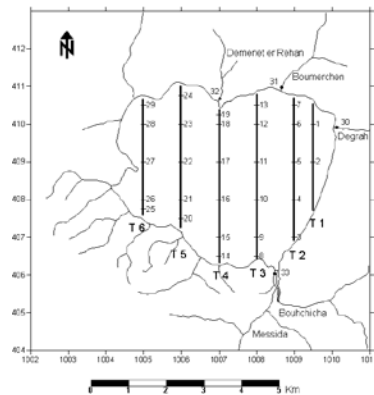
**Fig. 2 : Carte géologique simplifiée de la région (vila 1980)**

- 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

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.

### 3. Matériel et méthodes

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**

### 3.1. 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

## 4. Présentation et discussion des résultats

### 4.1 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 F. et al. 2003). Les profils bathymétriques réalisés en octobre 2009, 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.



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. 6).

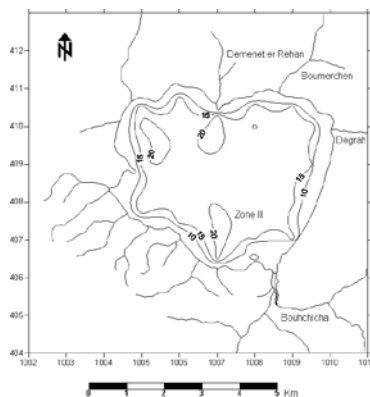


Fig. 6 : Carte isotherme du lac Oubeira

### 4.3 La concentration en oxygène dissous

L’oxygène dissous dépend essentiellement de la respiration et de la photosynthèse des populations planctoniques et de la minéralisation de la biomasse. La teneur en oxygène dissous dans l’eau est étroitement liée au régime thermique du lac (Villeneuve V. et al.). La température élevée de la saison engendre une prolifération algale et par conséquent, une forte augmentation de la concentration en oxygène dissous. L’isoplèthe de concentration 10 mg/l délimite à la surface du lac et en profondeur deux masses aquatiques distinctes. L’une appauvrie en oxygène dissous et l’autre sursaturée. Des sursaturations en oxygène peuvent atteindre des concentrations de 16 mg /l (Fig. 7).

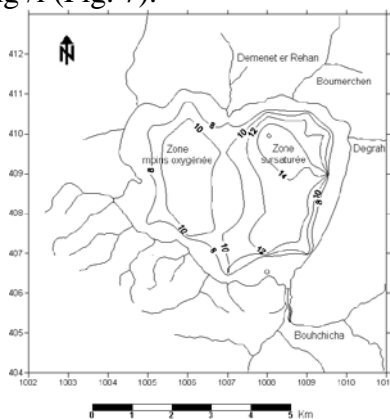


Fig. 7 : Carte isoplèthe de la concentration en oxygène dissous de la surface du lac Oubeira

Le lac subit également en cette saison, une poussée de zooplancton qui consomme la population algale de l'été et entraîne la disparition de la couche sursaturée en oxygène dans sa partie Ouest. Une mauvaise homogénéisation peut être en partie à l'origine de cette situation. L'oxygène dissous est bien corrélé avec la température (Tabl. I).

	T	pH	CE	O <sub>2</sub>	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>
T	1,00											
pH	-28,1	1,00										
CE	5,6	13,5	1,00									
O <sub>2</sub>	-72,8	21,3	-5,3	1,00								
Ca	-18,4	15,3	-7,3	30,6	1,00							
Mg	5,0	-25,9	7,7	-5,8	-30,0	1,00						
Na	-6,0	-1,1	9,2	11,1	34,4	35,9	1,00					
K	-11,1	-4,3	-9,0	33,4	14,6	<b>64,6</b>	45,2	1,00				
Cl	-6,4	8,8	7,1	3,8	4,7	21,8	37,6	14,1	1,00			
SO <sub>4</sub>	4,6	8,5	-4,2	-3,9	-13,8	13,6	16,2	-2,7	<b>88,6</b>	1,00		
HCO <sub>3</sub>	-3,6	-31,4	0,7	4,6	-28,8	36,7	4,6	19,8	-2,6	6,6	1,00	
NO <sub>3</sub>	17,5	-15,4	3,4	-0,6	-31,1	43,7	6,8		25,7	51,3	27,6	1,00

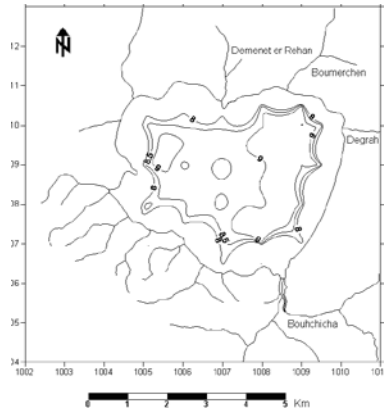
**Tabl. I: Matrice des corrélations**

#### 4.4 Le pH

Le pH d'une eau de surface dépend de la concentration du CO<sub>2</sub>. La photosynthèse algale consomme beaucoup de CO<sub>2</sub> et provoque ainsi une augmentation notable du pH des eaux. La respiration, au contraire, contribue à son abaissement par production de gaz carbonique. De même lors de la minéralisation de la matière organique, la production de CO<sub>2</sub> entraîne une baisse du pH (Alayat, 2006). Enfin, la précipitation de carbonates induit une alcalinisation et leur dissolution une acidification.

Les disparités alcalimétriques ne sont pas imputables, aux apports de rivières ou de pluies de la saison, plus acides. Les stations situées à l'Ouest montrent un pH, proche de 8 par contre à l'Est le pH avoisine 9. Cette différence s'explique par la minéralisation de la matière organique créant une diminution du pH vers la rive Ouest du lac et par l'activité des populations zooplanctoniques. L'alcalinité des eaux du lac Oubeira est due aux populations phytoplanctoniques et en partie à la précipitation de carbonates, notamment de la calcite, à partir des bicarbonates. Cependant, les profils verticaux montrent que le pH demeure constant dans toute la colonne d'eau. L'évolution spatiale du pH représentée par les cartes des isoplèthes du pH (Fig. 8) se traduit par une désalcalinisation de la masse aquatique, en surface et au fond, de l'Est vers l'Ouest, parallèlement à la diminution de la concentration de l'oxygène dissous.

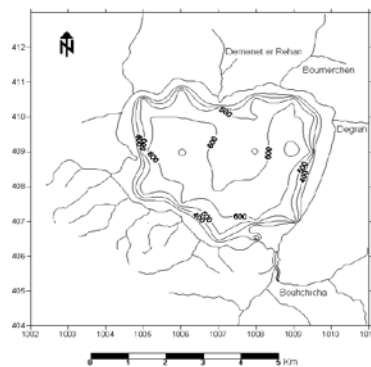




**Fig. 8 : Carte iso-pH de la surface du lac Oubeira**

#### 4.5 La conductivité électrique

Les mesures de la conductivité électrique (notée CE) d'une eau traduisent sa teneur en sels dissous. L'intérêt des mesures de la CE se manifeste surtout dans leur évolution spatiale (Stournaras G. et al., 1989). Les isoplèthes de la CE montrent l'accroissement de la minéralisation des eaux dès qu'on s'éloigne des rives, notamment vers le SE et le SW (Fig. 9). Les contrastes de CE ne permettent pas de mettre en évidence des pollutions, des zones de mélanges ou de drainage. En effet les faibles apports de fin de saison sèche des affluents ne peuvent pas être à l'origine de la variation de la CE des eaux du lac.



**Fig. 9 : Carte iso-CE de la surface du lac oubeira**

Dans le lac Oubeira la CE varie peu ou pas selon la profondeur. Les disparités de conductivités électriques entre les stations ne sont pas imputables aux rejets ni aux mesures, qui ont été vérifiées in situ et refait à deux reprises. Elles pourraient éventuellement s'expliquer par les successions de familles planctoniques. La domination zoologique serait tout à fait capable d'entraîner un apport ionique de gaz carbonique suffisant pour produire cette augmentation de CE.

#### 4.6 Cations et anions majeurs

Les teneurs en Ca+Mg, Na+K, HCO<sub>3</sub>+CO<sub>3</sub> et Cl+SO<sub>4</sub> des eaux du lac et des affluents (Fig. 10), montrent que le principal radical acide est le chlore et le principal radical basique est le sodium (tabl. II et III). Les teneurs en nitrates des eaux lacustres sont très faibles de l'ordre de 10 à 500µg/l. Ces eaux ont également des teneurs relativement moyennes en calcium (35 à 45 mg/l) et en magnésium (13 à 15 mg/l) par rapport à la minéralisation globale. Ces valeurs plaident en faveur d'une absence de pollution par les affluents et par l'activité agricole traditionnelle de saison (culture de l'arachide).

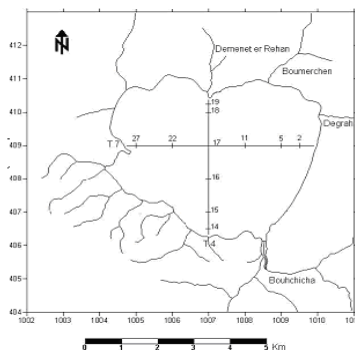


Fig. 10 : Profils N-S et E-W

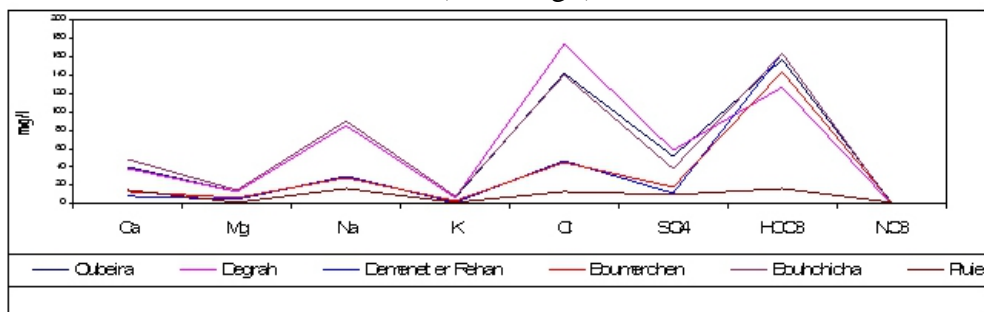
Stations	Ca+Mg meq/l	Ca+Mg %	Na+K meq/l	Na+K %	HCO <sub>3</sub> +CO <sub>3</sub> meq/l	HCO <sub>3</sub> +CO <sub>3</sub> %	Cl+SO <sub>4</sub> meq/l	Cl+SO <sub>4</sub> %
V2	3.13	45.04	3.82	54.96	2.44	34.13	4.71	65.87
V5/1	3.07	44.43	3.84	55.57	2.32	32.77	4.76	67.23
V5/2	3.15	44.81	3.88	55.19	2.24	30.52	5.10	69.48
V11/1	3.12	45.15	3.79	54.85	2.68	35.64	4.84	64.36
V11/2	3.10	46.13	3.62	53.87	2.64	35.97	4.70	64.03
V17/1	3.07	44.43	3.84	55.57	2.56	33.55	5.07	66.45
V17/2	3.08	45.43	3.70	54.57	2.40	33.06	4.86	66.94
V22/1	2.96	43.92	3.78	56.08	2.68	35.97	4.77	64.03
V22/2	3.08	44.96	3.77	55.04	2.52	34.47	4.79	65.53
V27/1	3.07	44.49	3.83	55.51	2.12	32.17	4.47	71.47
V27/2	3.06	44.35	3.84	55.65	2.20	31.47	4.79	68.53
Pluie	0.87	52.78	0.78	47.22	0.93	62.00	0.57	38.00
Demenet er Rehan	0.87	38.67	1.38	61.33	0.57	26.39	1.59	73.61
Boumerchen	1.17	46.61	1.34	53.39	0.80	32.79	1.64	67.21
Bouhchicha	3.6	46.51	4.14	53.49	3.26	40.85	4.72	59.15
Degrah	3.03	43.85	3.88	56.15	0.82	11.80	6.13	88.20

Tabl. I: Teneurs en cations et anions des eaux du transect transversal, des oueds et de la pluie

Stations	Ca+Mg meq/l	Ca+Mg %	Na+K meq/l	Na+K %	HCO <sub>3</sub> +CO <sub>3</sub> meq/l	HCO <sub>3</sub> +CO <sub>3</sub> %	Cl+SO <sub>4</sub> meq/l	Cl+SO <sub>4</sub> %
V2	3.13	45.04	3.82	54.96	2.44	34.13	4.71	65.87
V5/1	3.07	44.43	3.84	55.57	2.32	32.77	4.76	67.23
V5/2	3.15	44.81	3.88	55.19	2.24	30.52	5.10	69.48
V11/1	3.12	45.15	3.79	54.85	2.68	35.64	4.84	64.36
V11/2	3.10	46.13	3.62	53.87	2.64	35.97	4.70	64.03
V17/1	3.07	44.43	3.84	55.57	2.56	33.55	5.07	66.45
V17/2	3.08	45.43	3.70	54.57	2.40	33.06	4.86	66.94
V22/1	2.96	43.92	3.78	56.08	2.68	35.97	4.77	64.03
V22/2	3.08	44.96	3.77	55.04	2.52	34.47	4.79	65.53
V27/1	3.07	44.49	3.83	55.51	2.12	32.17	4.47	71.47
V27/2	3.06	44.35	3.84	55.65	2.20	31.47	4.79	68.53
Pluie	0.87	52.78	0.78	47.22	0.93	62.00	0.57	38.00
Demenet er Rehan	0.87		1.38		0.57		1.59	
Boumerchen		38.67		61.33		26.39		73.61
Bouhchicha	1.17	46.61	1.34	53.39	0.80	32.79	1.64	67.21
Degrah	3.6	46.51	4.14	53.49	3.26	40.85	4.72	59.15
Degrah	3.03	43.85	3.88	56.15	0.82	11.80	6.13	88.20

**Tabl. II: Teneurs en cations et anions des eaux du transect longitudinalal, des oueds et de la pluie**

Les affluents Demenet er Rehan, Boumerchen, Degrah et Bouhchicha qui reçoivent des rejets d'eaux usées sur leur cours, présentent à leur embouchure une eau juste un peu plus minéralisée que celle du lac, à cette époque de l'année (Fig. 11). Ceci s'explique par l'auto-épuration, le faible débit (quelques litres/secondes) et l'effet de filtre qu'offrent les sables à leur exutoire. La teneur la plus élevée en nitrate des affluents est observée à l'exutoire de l'oued Boumerchen (soit 2 mg/l).



**Fig. 11 : Composition chimique des eaux du lac Oubéira, de la pluie et des oueds Demenet er Rehan, Boumerchen et Bouhchicha**

Les teneurs en Ca+Mg, Na+K,  $\text{HCO}_3+\text{CO}_3$  et  $\text{Cl}+\text{SO}_4$  des eaux de pluies montrent que le principal radical acide est le calcium et le principal radical basique est le bicarbonate. Ces eaux ont de très faibles teneurs en calcium (de l'ordre de 14 mg/l) et en magnésium (de l'ordre de 2 mg/l). Les nitrates restent faibles mais dépassent les teneurs observées dans le plan d'eau pour atteindre plus de 1 mg/l. Ils proviennent de l'oxydation de l'azote ammoniacal. La minéralisation de ces eaux est très faible ( $\text{CE} = 204 \mu\text{S}/\text{cm}$ ). Dans les eaux de surface de la région, les nitrates proviennent principalement de l'épandage d'engrais azotés (chimiques ou organiques) et du cycle biologique naturel, soit par décomposition de la matière organique, soit par production active de la part de certaines plantes, en zone saturée comme en zone non saturée (Travi, 1997 ; Le Borgne, 2006). Dans notre cas, des nitrates en quantité négligeable sont induits à partir des pluies. Nous n'avons pas fait d'observations où les eaux subissent les effets des activités anthropiques, en dehors des prélèvements d'eau destinés surtout à l'irrigation. Nos observations reflètent une dénitrification naturelle de l'eau au cours de différentes réactions de réduction organique ou inorganique de l'ion  $\text{NO}_3^-$ .

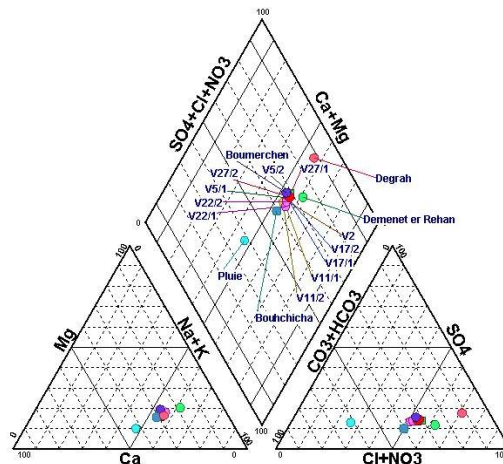
#### 4.7 Turbidité

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau (Perroux, 2006). 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 ( $5 < \text{classe 2} < 30 \text{ NTU}$ ). 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.

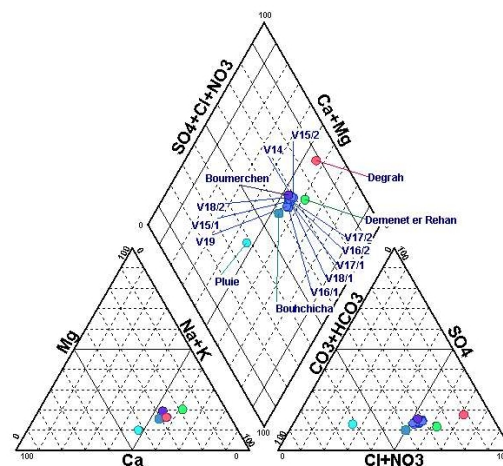
#### 4.9 Diagramme de Piper

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. 12 et 13). Les points figuratifs des oueds Demenet et 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.



**Fig. 12 : Faciès chimiques des eaux du profil transversal du lac Oubeira, des oueds Demeneter Rehan, Boumerchen, Degrah, Bouhchicha et de pluie**



**Fig. 13 : Faciès chimiques des eaux du profil longitudinal du lac Oubeira, des oueds Demeneter Rehan, Boumerchen, Degrah, Bouhchicha et de pluie**

En dépit de faibles variations de concentrations des éléments majeurs observées vers le large, le diagramme de Piper attribue donc le même faciès chimique à la masse d'eau lacustre. Il ne reflète pas les hétérogénéités longitudinales et transversales identifiées pour la température, le potentiel hydrogène et la conductivité électrique qui apprécie la quantité de sels dissous dans l'eau.

Les eaux du lac peu minéralisées à moyennement minéralisées (390-760  $\mu\text{S/cm}$ ) sont chlorurées sodiques de type Na-Cl. Elles sont différentes des eaux de pluies, bicarbonatées calciques et magnésiennes, faiblement minéralisées (204  $\mu\text{S/cm}$ ) de type Ca-Mg- $\text{HCO}_3$ , par contre très proches de celles des affluents, qui sont moyennement minéralisées. L'eau du lac a une minéralisation comparable à celle des affluents peu influencée par les activités humaines.

Les sédiments Quaternaires fins du fond du lac sont les produits d'altération et d'érosion du Numidien grés-argileux. Ils peuvent transmettre à l'eau lacustre une part des caractéristiques géochimiques. De plus, les eaux de pluies et celles affluents Demenet et 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. Les eaux de l'affluent Degrah se différencient nettement de celles du lac par les faibles teneurs en  $\text{HCO}_3^-$  et des teneurs en  $\text{Cl}^-$  et en  $\text{SO}_4^{2-}$  un peu plus élevées. Enfin, Les eaux de l'oued Bouhchicha possèdent des teneurs plus élevées en  $\text{HCO}_3^-$  et des teneurs en  $\text{Cl}^-$  un peu plus faibles (Fig. 15). Nous observons ici le résultat d'échanges cationiques sur des minéraux argileux.

## 5. 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. Le mauvais temps engendre un brassage progressif jusqu'au retour homothermique de la masse aquatique du lac. La distribution thermique est conditionnée par la topographie caractéristique du lac. Le gain thermique observé au niveau de trois secteurs du lac, est procuré par la faiblesse des fonds et en aucun cas par les apports des affluents qui sont très faibles à cette époque de l'année. La rive Nord possède des eaux plus chaudes que la rive Sud, en raison des vents dominant et de son exposition. L'évolution verticale de l'oxygène dissous se manifeste de manière comparable sur toutes les stations des profils longitudinal et transversal. Les isoplèthes de concentration suivent ainsi le profil thermique du lac identifiant deux masses aquatiques différentes ; l'une sursaturée et l'autre moins oxygénée. Cette zonation s'explique en partie par le comportement microbiologique et par l'exposition de la rive Est aux vents dominants qu'induit un brassage des eaux. En effet, la minéralisation des particules organiques entraîne la consommation d'oxygène dissous et l'abaissement du

pH. En fin de saison sèche, la partie Ouest du lac subit une désoxygénation dont le seuil s'abaisse autour de 7.4 mg/l.

L'ensemble des mesures de pH montre que la masse d'eau à cette époque de l'année est basique et qu'il existe des disparités alcalimétriques, entre la rive Est et Ouest du lac Oubeira. Elles ne sont pas affectées par des apports exogènes. L'alcalinité aquatique observée est due essentiellement à l'activité biologique et accessoirement à la précipitation des carbonates. Les vents peuvent être à l'origine du déplacement occidental de cette masse aquatique basique et désoxygénée

Si les variations verticales de la conductivité électrique des eaux du lac Oubeira sont très peu sensibles en fin de saison sèche, les variations spatiales sont importantes. En effet, l'eau est plus riche en sels dissous vers le large qu'en bordure et notamment vers le SE et le SW. Cependant, l'eau du lac demeure douce. Les écarts de conductivité électrique relevés s'expliquent par le comportement des populations planctoniques, les réactions physico-chimiques et le temps de séjour des eaux dans le lac. L'éventuelle alimentation souterraine du lac, à cette époque de l'année, par des eaux plus minéralisées est une hypothèse à vérifier, dans la partie SE du lac.

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. La faible puissance de la colonne d'eau lacustre, fait que les algues en se décomposant n'affectent pas de manière significative la quantité d'oxygène dissous dans l'eau. Enfin, le faciès des eaux lacustres et celui des affluents est chloruré sodique par contre celui des eaux de pluie est bicarbonaté calcique et magnésien. Enfin, l'envasement du lac est un problème majeur qui a long termes entraînera la modification de l'écosystème. Un dragage s'impose !

### **References:**

- Alayat H. (1991) – Les eaux superficielles et la nappe phréatique de la plaine d'Annaba. Th. Doct., Univ. de Nancy II, 382p.
- Alayat H. (2006) – Evolution spatio-temporelle du chimisme des eaux thermo minérales des monts de la cheffia (NE algerien). *Kartologia*, n° 48, pp. 23-28.
- Anonyme, (2001) – Réalisation d'une station de reproduction piscicole : Lac Oubeira, Wilaya d'El Tarf. Rapport final.

- 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.
- Hinschberger F, Malou J. A., Rehault J. P., Burhanuddin 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.
- Le Borgne F. (2006) – Bilan des impacts hydrogéochimiques naturels et anthropiques à l'intérieur du réseau karstique du Val d'Orléans établi à l'aide des éléments majeurs. *BULL. Soc.Géol.Fr.* n°1, pp. 37-50.
- PERROUX A.-S. (2006) – Intérêt des sédiments détritiques endokarstiques en tant qu'archive naturelle ? Discussion autour des dépôts lacustres souterrain (Grottes de Choranche-Vercors). *Kartologia*, n° 47, pp. 7-20.
- 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.
- Stournaras G., Panagoupoulos A., Sotiropoulou K. (1989) – La signification hydrogéologique des conditions hydrochimiques et géomorphologiques d'un terrain gypseux. Les sources de Drymos (Grèce occidentale). *Annales de l'université de provence, tome XVI*, n° 4, pp. 311-320.
- Travi Y., Mudry J. (1997) – Méthode pour l'évaluation et la gestion du risque nitrate dans les aquifères de socle de la zone sahélienne d'Afrique de l'Ouest. *BULL. B.R.G.M.* n°1, pp. 13-21.
- 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.
- Villeneuve V., Legare S., Painchaud J., Vincent W., (2006) – Dynamique et modélisation de l'oxygène dissous en rivière. *Rev. Sci. Eau, géol*, pp. 259-274.