

## Quantification des apports et des exores d'un lac : cas du lac Fetzara, région de Annaba (Nord-Est Algérien).

Sameh Habes<sup>1</sup>, Larbi Djabri<sup>2</sup>, Azzedine Hani<sup>2</sup>, Saad Bouhsina<sup>3</sup> & Jacques Mudry<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Université Kasdi Merbah Ouargla Algérie

<sup>2</sup>Laboratoire Sécurité Environnementale et Alimentaire Université Badji Mokhtar- Annaba Algérie

<sup>3</sup>Université du Littoral Dunkerque France

<sup>4</sup>Université de Franche-Comté Besançon France

Révisé le 18/09/2011

Accepté le 27/09/2011

### ملخص:

المياه التي تغذي بحيرة فetzara آتون من خلفيات متنوعة وعلى هذا النحو لا تزال تتأثر من قبل التكوينات الجيولوجية اجتاز أن تعطيمهم التركيبية الكيميائية المختلفة. ويتأثر بقوة هذا التباين في نوعية المياه من قبل عاملا الجيولوجيا والمناخ. لأداء عملنا، أجرينا مراقبة كمية ونوعية المياه التي تدخل وتخرج من البحيرة، مما يتيح لمحة عن تغييرات في كميات من الماء من خلال النظام مع مرور الوقت. التحاليل المنجزة على مستوى البحيرة، لتحديد تأثير العوامل البيئية على التغيرات في كيمياء المياه عند مداخل والخروج من البحيرة. التحليلات إلى جانب نتائج الكيمائية مع معدلات تدفق محسوبة في أجزاء مختلفة من الأودية: زياد، ملاح، مبعوجة، الحوت وسمحت لحساب التدفقات التي تمر عبر نقاط القياسات، مما يعطي مؤشرا على الكميات المعروضة وتفريغها من قبل بحيرة فetzara.

الكلمات المفتاحية: بحيرة فetzara - عدم التجانس - تدفق الماء

### Résumé

Les eaux alimentant le lac Fetzara proviennent de divers horizons et à ce titre elles demeurent influencées par les formations géologiques traversées qui leur confèrent une composition chimique différente. Cette hétérogénéité de la qualité des eaux est très influencée par le facteur géologie et climat. Pour réaliser notre travail, nous avons effectué un suivi quantitatif et qualitatif des eaux entrant et sortant du lac, ce qui permet d'avoir un aperçu sur les variations des quantités d'eaux transitant par ce système au cours du temps. La quantification des apports au lac permet de déterminer l'impact des facteurs environnementaux sur les variations de la composition chimique des eaux aux entrées et à la sortie du lac. Les résultats des analyses chimiques couplés aux débits mesurés dans différents points des Oueds Zied, Mellah, Hout et Meboudja ont permis le calcul des flux transitant par les points de mesures, donnant ainsi des indications sur les quantités apportées et évacuées par le lac Fetzara.

**Mots clés :** Lac Fetzara - Hétérogénéité - Flux d'eau.

### Abstract

Water feeding Fetzara Lake come from various horizon, it remain influence by geological formations crossing who give their different chemical composition.

Heterogeneous of water quality is very influenced by geology and climate factors. To complete our work, we carried out quantitative and qualitative follow up of water entering and outgoing of lake, which makes it possible to have an idea on the variation of the quantities of transit water by this system in time.

The estimate of water bring to the lake allows to specify the impact of environmental factors about the chemical's composition variation of water's at the entry and exit to the lake.

Results of chemical test join to measured flow in different point of Zied, Mellah, Hout and Meboudja river, allow to calculation transit flow by measurement points, to give information about the quantities bring and drain by Fetzara lake.

**Keywords :** Fetzara lake- Heterogeneity - Water flow

## 1. INTRODUCTION

Les eaux du lac Fetzara proviennent des précipitations et des Oueds, Mellah, Hout et Zied. Les eaux charriées par ces cours d'eau ont différentes compositions, ce qui confère aux eaux du lac une hétérogénéité de leur composition chimique. La sortie des eaux au niveau du pont vanne reste conditionnée quantitativement et qualitativement par les apports. Par le biais de ce travail, nous allons donner un aperçu qualitatif et quantitatif de ces masses d'eau, ce qui nous permettra de comprendre les mécanismes régissant les variations de la composition chimique des eaux à l'entrée et à la sortie du lac.

## 2. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

### 2.1 Situation géographique du lac

Le lac Fetzara est une vaste dépression bordée au Nord par le massif de l'Edough, au Sud par les monts de Aïn Berda vers l'Ouest et à l'Est par la plaine de Annaba. La région est caractérisée par des affleurements de terrains métamorphiques (Djebel Edough) et des terrains sédimentaires qui occupent le reste de la plaine. (Fig.1)

De l'Est – Ouest, en prolongeant la plaine de Guerbes, au-delà du massif de Berrahal, s'installe le lac Fetzara dépression nettement dissymétrique, due à une tectonique active pendant le Quaternaire, 20680ha de superficie, constituant la partie basse et l'exutoire d'un grand bassin versant endoréique de 515km<sup>2</sup> de superficie.



Figure 1. Situation géographique du Lac Fetzara

### 2.2 Cadre géologique

Les études réalisées dans la région montrent l'existence de deux types de terrains: métamorphique et sédimentaire (Fig.2). Les affleurements géologiques sont datés du Paléozoïque au Quaternaire.

Le Paléozoïque affleure à l'Ouest dans le massif de l'Edough, Belilieta et Boukhadra. Il est constitué surtout de gneiss. Le Mésozoïque affleure au Sud de la zone d'étude, vers Guelma et Bouchegouf. Il est constitué de:

Le Trias, formé par une association de dolomies, de calcaires dolomitiques et de gypse.

Le Jurassique constitué de dolomies noires et de schistes calcaireux.

Le Crétacé comportant des calcaires dolomitiques à foraminifères.

Le Cénozoïque représenté par l'Eocène inférieur, l'Oligocène et le Mio-Pliocène; ce dernier est représenté par les faciès suivants:

- ✓ Le faciès fluvial: Bien développé dans la plaine de Annaba le long des Oueds.

- ✓ Le faciès marin (plaisancien): Marnes bleues avec des intercalations calcaires.

- ✓ Le faciès continental: Il est lié aux dépôts des fosses d'effondrement de Ben Ahmed orientée S-N, et de Ben M'Hidi orientée SW-NE. Ces deux fosses sont séparées par l'élévation de Daghousa.

Le Quaternaire: Les formations dunaires alluvionnaires constituent la roche réservoir.

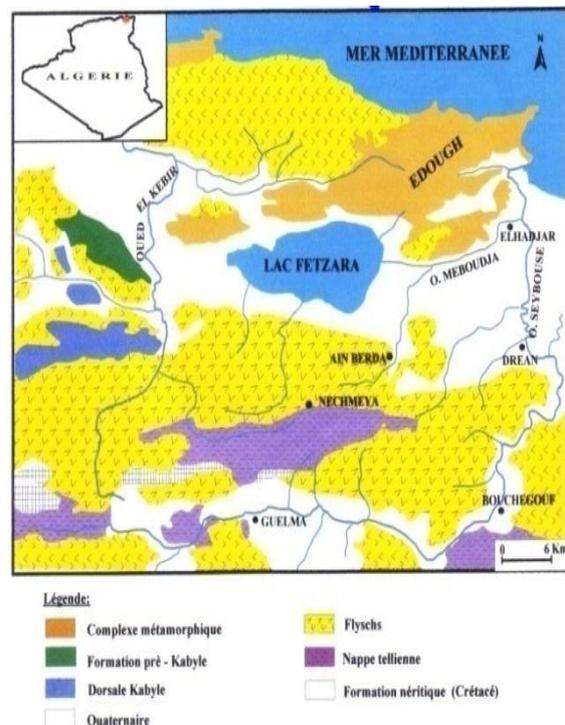


Figure 2. Carte géologique et géomorphologique de la plaine de Annaba

## 2.3 Hydrologie des Oueds

Le Lac Fetzara est alimenté par trois cours d'eau qui sont: l'Oued Zied, Oued El Hout et Oued El Mellah; ces cours d'eau temporaires sont torrentiels en hiver et secs en été. A la sortie du Lac, le canal d'assèchement achemine les eaux du Lac vers l'Oued Meboudja puis l'Oued Seybouse qui se déverse en mer Méditerranée.

Pour jauger les débits transitant par chaque Oued, nous avons cinq (05) stations au niveau de chacun des cours d'eau. Ces points se répartissent comme suit : le premier caractérise la partie amont, un autre caractérise la partie aval et les trois autres situés entre les deux extrémités. Les débits ont été mesurés selon un pas hebdomadaire durant les périodes d'observations de décembre 2009 à mars 2010. Les variations des débits enregistrées au niveau des Oueds Hout (entrées) et Meboudja (sorties), nous ont permis de réaliser les graphiques 3a et 3b.

En observant les graphes réalisés, on remarque une forte variabilité des débits particulièrement entre les périodes pluvieuses et les périodes sèches (Fig. 3a, 3 b).

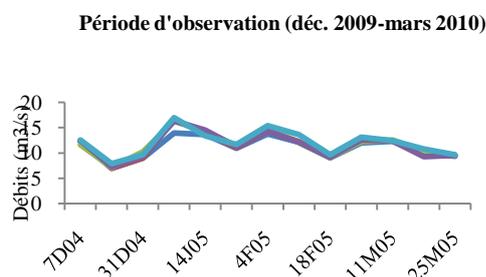


Figure 3a: Evolution des débits de l'Oued Meboudja

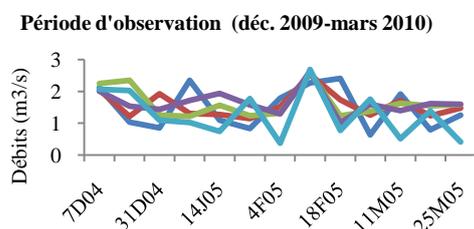


Figure 3b: Evolution des débits de l'Oued El Hout

## 3. MATERIELS ET METHODES

Le travail effectué repose sur les variations de la composition chimique des eaux dans l'espace et dans le temps. A ce titre, nous avons mesuré les paramètres physico-chimiques (pH, T°C, conductivité) *in situ* à l'aide d'un appareil multi

paramètres de marque WTW (Multi line P3 PH/LF-SET). Pour la détermination des éléments chimiques on a utilisé l'absorption atomique à flamme (PERKIN-ELMER 11005) pour les cations et les éléments traces. Les anions sont dosés par le spectrophotomètre photolab spectral de marque WTW.

## 4. RESULTATS

Pour pouvoir comparer les apports, les exores et leur variation spatio-temporelle, nous avons réalisé des analyses chimiques des eaux pour chaque mois pluvieux. De ce fait, une moyenne des concentrations a été calculée en les rapportant à la surface du sous bassin versant du lac. Les quantités des éléments apportés par les précipitations sont calculées par l'équation (1):

$$T = Q * C \quad (1)$$

$$\text{Avec } Q = S * H \quad (2)$$

Où :

T: Quantité de l'élément en kg/an,

Q: Volume d'eau en m<sup>3</sup>/an,

C: Concentration moyenne de l'élément en kg/m<sup>3</sup>.

Avec:

S: Superficie de la région d'étude en m<sup>2</sup>,

H: Précipitations annuelles en m/an

Le coefficient de reconcentration « e » est obtenu par l'affectation de valeurs moyennes des précipitations *in* Dubreucq [7]. Il est obtenu d'après l'équation (3):

$$e = P / (P - ETR) \quad (3)$$

Avec:

e : Coefficient de reconcentration.

P : Précipitation moyenne annuelle en mm.

ETR : Evapotranspiration réelle en mm.

Ce coefficient de reconcentration accroît sensiblement les valeurs moyennes et correspond à une reconcentration qui se produit lors de l'évapotranspiration.

Les résultats obtenus sont représentés par le tableau 1. On remarque que les flux sont faibles et par conséquent les eaux de pluies participent faiblement au chimisme de l'eau du lac.

## Masses transitant par les Oueds :

Les concentrations obtenues à partir des analyses chimiques réalisées au mois d'avril 2009 ont été couplées aux débits mesurés au cours du même mois, ce qui a permis de calculer

les flux pour chaque cours d'eau et pour chaque point déterminé. Les résultats obtenus sont représentés par le tableau 1. Les flux des Oueds sont calculés d'après l'équation (4) :

$$F \text{ (T/an)} = Q \text{ (L/An)} * C \text{ (T/L)} \quad (4)$$

Tableau 1. Flux calculés (T/L).

Flux (T/An)	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	(Na+K)	CL <sup>-</sup>	So <sub>4</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
<b>O.Mellah</b>	869.4	793.8	17123.4	4830.8	50.6	9593.6	7.94
	1078.9	1191	20498.6	64344	40.6	12635.8	3.45
	1351.4	1261.3	24099.1	5918.9	13.5	12639.6	4.054
	3009.8	2282.8	21531.8	6908.7	73.62	9043.4	6.02
	5550.6	3993	47635.8	11763.9	1837.5	17032.9	120.9
<b>O.Zied</b>	1655.64	662.25	15406.6	5224.5	13447.5	6990.5	12.42
	1641.46	747.77	16110.7	7556.8	3123.6	14833.9	21.8
	1702.890	1696.5	20434.7	8026.1	2641.1	14503.5	3.2
	2728.9	459.6	22903.3	9384.1	4016.7	9439.8	135.05
	2740.8	2740.8	24702.9	8108.5	3657.7	20239.32	139.5
<b>O.El Hout</b>	1365.53	1783.2	13173.3	6305.5	109.8	2580.6	11.2
	4620.4	875.5	45900.2	16189.7	340.5	18396.6	8.19
	3504.4	1252.2	30515.6	11881.4	132.3	6004.7	9.450
	1036.04	1081.1	36981.9	13914.4	1045.04	12256.7	7.2
	1991.4	1184.6	27571	10726.3	769.1	71725.8	136.65
<b>O.Meboudja</b>	14394.2	7451.13	232848	80156.2	13095.9	70955.2	454.4
	24070.7	20219.41	191149.8	80566.2	12913.2	70144.9	101.94
	15160.3	15321.6	274821	82446.3	17805.3	83639.81	235.47
	6745.1	10205.6	272736.5	73932.11	42464.8	95076.5	741.96
	28573.6	25898.6	257162.9	86693.8	19697.6	92894.76	373.9

## 5. DISCUSSION

### 5.1 Caractéristiques des apports

Les flux calculés nous ont permis de suivre l'évolution des apports massiques dans l'espace et ceci pour chaque cours d'eau considéré. Notons que l'interprétation des résultats se fera selon le sens de l'écoulement (d'amont en aval) ce qui permettra de visualiser la variation des flux d'une station à l'autre.

### Evolution des flux au niveau de l'Oued Mellah

Les histogrammes présentés dans la figure 4 montrent une domination des flux en sodium et en potassium. Par ailleurs, on note une compétition entre les flux en chlorures ou en bicarbonates qui mettent en évidence des apports en eau tantôt riches en chlorures, tantôt riches en bicarbonates. Cette variation est probablement générée par les échanges se produisant entre la roche et l'eau qui s'effectue lors des écoulements. Cette évolution se localise au niveau des points 2 et 3. Au-delà, on remarque une domination des bicarbonates montrant que les formations carbonatées alimentent le lac au cours de la période pluvieuse.

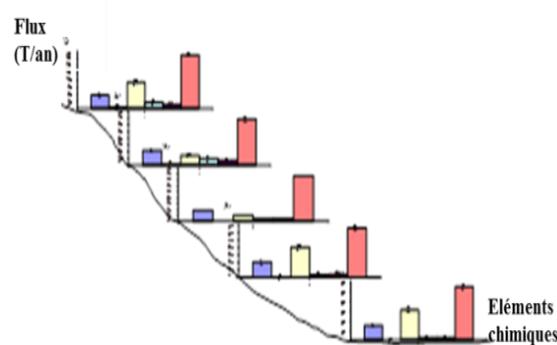


Figure 4 : Evolution des Flux au niveau de l'Oued Mellah

### Evolution des flux au niveau de l'Oued Zied

L'observation de la figure 5 met en évidence une variation des flux entre l'amont et l'aval de cet Oued. Cette variation se rapporte particulièrement aux anions, ainsi les formations métamorphiques alimentant l'Oued apportent des masses importantes en bicarbonates particulièrement au cours de la période pluvieuse. Cependant, à leur arrivée au lac, les masses de bicarbonates diminuent ce qui se traduit par une augmentation des flux des chlorures.

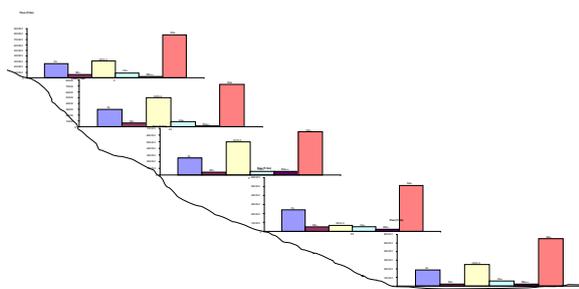


Figure 5. Evolution des flux au niveau de l'Oued Zied

### Evolution des flux au niveau de l'Oued El Hout

Au niveau de ce cours d'eau (Fig. 6) et contrairement aux deux premiers, le sodium et les chlorures dominent. Ceci nous a permis de noter que les eaux de l'Oued El Hout, n'ont pas la même origine que les eaux des deux premiers Oueds. Nous remarquons que la station 2, montre une dominance des bicarbonates, ce qui implique un affleurement probable et localisé dans des formations calcaires.

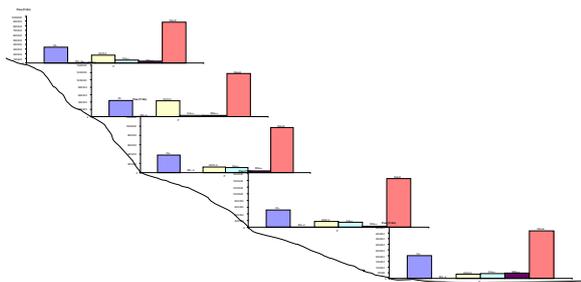


Figure 6. Evolution des Flux au niveau de l'Oued El Hout

### Evolution des flux au niveau de l'Oued Meboudja

A leur sortie du lac, les eaux présentent des flux riches en chlorures et en bicarbonates. La présence de ces deux éléments chimiques est générée par un effet de saison. Les mesures sont effectuées au cours de la période pluvieuse. Nous remarquons une même dominance des flux à l'entrée et à la sortie du lac (Fig. 7), ce qui laisse supposer que le séjour des eaux au niveau du lac est relativement périssable.

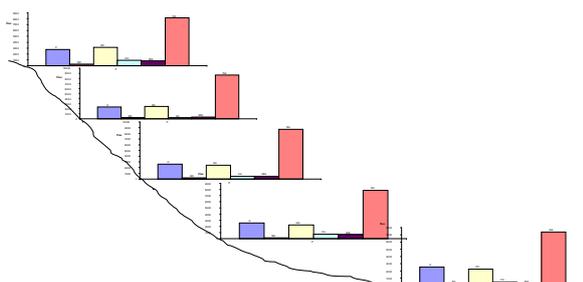


Figure 7: Evolution des flux au niveau de l'Oued Meboudja

## 5.2 Mécanismes régissant la qualité des eaux du lac Fetzara

La composition chimique des eaux du lac reste tributaire de plusieurs facteurs tels que le climat (les précipitations, la température, l'évaporation et l'écoulement), la géologie et la géochimie. En effet les formations traversées sont le siège des réactions chimiques, conférant ainsi aux eaux de nouvelles minéralisations.

### Les facteurs climatiques

La région est caractérisée par un climat méditerranéen, avec deux saisons l'une sèche et l'autre humide. Au cours de la saison sèche, les débits apportés au lac sont insignifiants car les précipitations sont faibles ou inexistantes, donc les apports se font au cours de la période pluvieuse. Ces eaux proviennent au lac soit directement par les précipitations quand il pleut et ont la même composition chimique que les eaux de pluie, soit indirectement par le biais des écoulements. Les eaux atteignent le lac avec un certain retard mais au cours de leur ruissellement, elles acquièrent une nouvelle composition différente de celle des eaux de pluie.

### Les apports par les précipitations météoriques

Chaque mois pluvieux a fait l'objet d'une analyse chimique et une moyenne des concentrations des eaux apportées au lac a été estimée. La quantité des éléments apportés par les précipitations est calculée par l'équation (1) précédemment citée. Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau 2. On remarque que les flux sont faibles et par conséquent les eaux de pluies participent faiblement au chimisme de l'eau du lac.

Tableau 2. Les apports des éléments chimiques par les précipitations (T/an).

Elément/ Flux	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>
kg/s	0.28	0.16	0.29	0.11	0.03	0.13	0.03

## 5.3 Bilan entrée-sortie du lac Fetzara

Nous étudions la dynamique du lac à partir des flux échangés. Les différentes données recueillies sur les trois Oued sont permis de calculer les différents apports en Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>,

$\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$  qui ont été quantifiés (Tab. 2). Le bilan établi est comparé

aux flux de sortie sur les 3 éléments les plus importants ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ) (Tab. 3).

Tableau 3. Flux calculés aux entrées et à la sortie du lac pour les éléments dominants (T/An).

Flux (T/An)	( $\text{Na}^+$ + $\text{K}^+$ )	%	$\text{Cl}^-$	%	$\text{HCO}_3^-$	%	$\Sigma$ % des apports
O.Mellah	47635.8	20.4	11763.9	14.6	17032.9	24	59
O.Zied	24702.9	10.6	8108.5	10.1	20239.32	28.5	49.2
O.El Hout	27571	12	10726.3	13.4	7172.58	10.1	35.5
O.Meboudja	232848		80156.2		70955.2		

L'observation a été faite au niveau des points de mesure suivants : pour les Oueds Mellah, Zied et El Hout, nous avons pris le dernier point avant l'arrivée des eaux au lac, par contre pour la sortie, nous avons utilisé les valeurs se rapportant au premier point après le lac.

On remarque que les points de mesures se différencient non seulement par leur flux d'exportation, mais également par la fréquence des concentrations. Au niveau de l'Oued Mellah, les éléments considérés avec 59% sont à l'origine de la minéralisation observée. Par contre au niveau des Oueds Zied et El Hout, la minéralisation peut être liée aux autres éléments  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  ou  $\text{SO}_4^{2-}$ , provenant des échanges eau roche.

L'origine de l'excédent des éléments chimiques dans le bilan entrées-sorties des flux est expliquée par la nature du sol, le degré de la

fermeture de la vanne de sortie (une mauvaise étanchéité de la vanne entraîne par moments un assèchement du lac).

Les écoulements se produisant en sub-surface entraînent une altération et par conséquent la mise en solution des minéraux. L'Oued Zied est situé au pied du mont de l'Edough de ce fait une partie des eaux arrivant au lac provient de ce massif métamorphique particulièrement riche en silicates, ce qui enrichit l'eau en cations et en silice.

Cette réaction consomme de l'acide et s'accompagne donc d'une augmentation du pH avec production de bicarbonates.

L'altération des minéraux considérés s'accompagne de la formation de minéraux secondaires.

#### Altération de différents minéraux silicatés en kaolinite d'après APPELO et POSTMA [1] :



Albite

Kaolinite



K-feldspath



Anorthite



Pyroxène



Biotite



Cette dissolution modifie donc le rapport de concentration des éléments en solution vis-à-vis du minéral considéré des rapports constants en solution. Il y a libération de Na, K, Ca, Mg.

#### Conséquences sur les eaux du lac :

Les proportions des alcalino-terreux: ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ), riches dans les sols, diminuent dans les eaux.

Pour les alcalins: le  $\text{Na}^+$ , abondant dans les roches et dans les eaux du lac, est minoritaire dans les sols, le  $\text{K}^+$ , abondant dans les roches, apparaît dans les autres ensembles (sol eau sédiment).

Dans les roches, les feldspaths alcalins riches en  $\text{Na}^+$  (albite, oligoclase) sont hydrolysés par les eaux météoriques suivant la formule chimique suivante :



On assiste alors à la formation de kaolinite qui a été identifiée dans tous les sols étudiés. Dans les roches, la présence de feldspaths alcalins fragmentaires, plus ou moins hydrolysés est le témoin de cette altération. Le  $\text{Na}^+$ , élément très soluble, est dissous puis évacué par ruissellement superficiel. Dans la roche mère, le potassium est essentiellement dans la composition des feldspaths potassiques microcline ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ) et des micas blancs (muscovite). Sa présence en quantité importante dans les eaux du lac confirme l'hydrolyse [6]. Peu abondants dans les roches métamorphiques (des pyroxènes, amphiboles, biotites, anorthites, ...) les alcalino-terreux sont incorporés dans les argiles des sols et des sédiments.  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  se retrouvent par conséquent en moindre proportion dans les eaux superficielles. Les stations étudiées ont montré une forte évapotranspiration (2000 mm/an), ce qui entraîne une augmentation de la salinité. Cela est confirmé par l'étude isotopique effectuée dans la région par Djabri et al. [5] Le lac est alimenté par des Oueds (affluents). Les eaux véhiculées sont riches en éléments chimiques, entraînant une augmentation de la salinité. Le fond du lac étant tapissé d'argile carbonatée, entraîne un échange de base entre l'eau et l'argile, expliquant l'enrichissement des eaux en sodium et en potassium par échange avec le calcium.

Les analyses isotopiques réalisées sur les eaux de la région et portant sur le tritium, l'oxygène 18 et le deutérium, montrent que les eaux de la région appartiennent au domaine des eaux évaporées. Ces mêmes eaux ont des valeurs en tritium oscillant entre 7 et 11 UT, ces valeurs sont supérieures à 5 UT valeur limitant les classes [5] : eaux anciennes, eaux récentes. Ce qui nous permet de dire que ces eaux sont récentes et par conséquent la salinité des eaux est nouvelle et induite par les précipitations (proches des valeurs récoltées au niveau de la station de Tunis Carthage la plus proche de notre zone d'étude) [8].

## 6. CONCLUSION

Au niveau du lac, la matrice argileuse va influencer la composition chimique de l'eau. Cette dernière devient riche en sable au niveau de l'Oued Meboudja. Ce changement de la composition chimique est également dû aux facteurs suivants : comme le climat (l'évapotranspiration intense), les apports (les terrains traversés sont différents; on note à titre indicatif, les gneiss, les calcaires, les sables, les marnes, qui au contact de l'eau vont modifier sa composition chimique), la matrice argileuse du lac (par le biais des échanges de base, entraîne des changements de la composition de l'eau). L'étude réalisée au niveau du lac a démontré que ce dernier est alimenté par les eaux des précipitations, provenant directement ou indirectement des apports des affluents. Les eaux arrivant au lac par les affluents présentent des compositions chimiques différentes.

Les eaux riches en potassium en provenance du massif de l'Edough par hydrolyse des silicates se retrouvent à la sortie du lac.

L'effet conjugué des eaux issues des formations métamorphiques ( $\text{KHCO}_3$ ) et des formations de la plaine caractérisée par la présence de roches altérées riches en ( $\text{MgSO}_4$ ), alimentant le lac. Ce type de contribution double est nouveau car il y aurait par la suite mélange à des eaux chlorurées sodiques liées au phénomène d'évaporation qui se développe sur le lac accentuant le phénomène de salinité des eaux.

## REFERENCES

- [1] Appelo C.A.J. and Postma D., 1993. Geochemistry, groundwater and pollution. A: A. Belkema, Rotterdam. 536p.
- [2] Djabri L., Rouabhia AK., Hani A., Lamouroux C., Pulido-Bosch A., 2007. Origin of Water Salinity in a lake and coastal aquifer system. *Environnement Geology Springer*, Vol. 54, N°3. 565-573.

- [3] Crouzet P., Le Gall G et Meybeck M., 2002. Flux à la mer : trop d'azote, mais moins de phosphore. Données de l'Environnement, IFEN, 724p.
- [4] Djabri L., 1996. Mécanismes de la pollution et vulnérabilité des eaux de la Seybouse - Origines géologiques, industrielles, agricoles et urbaines. Thèse de Doctorat ès Sciences. Université Annaba. 280 p.
- [5] Djabri L., Mania J., Messadi D., Hani A., Souag M., 1996. Apport des isotopes pour la connaissance de l'origine des eaux de la vallée de la Seybouse (Est. Algérien), *Hidrogeologia*, 12, 3-14.
- [6] Djamai R., Douad Y., Ouardi J., Valles V., Fadel D., Laïfa A., Benslama M., 2006. Alcalinité et Apport de la Géochimie. Cas des sols du lac Fetzara (N-E Algérien). *Physical and Chemical News El Jadida, Maroc*, N°32.137-143.
- [7] Dubreucq F., 1987. Le chimisme des eaux la cuisanse en amont d'Arbois (Jura). Influence du karst, des sols et des activités humaines. Thèse de Doctorat en Science de La Terre. Université Besançon. France 156 p.
- [8] Habes S., Djabri L., Guezgouz N., Djabri Y., 2011. Qualités des eaux d'un lac dans une région côtière de l'Est algérien ; Cas du lac Fetzara. Deuxième Conférence Méditerranéenne côtière et maritime. *Paralia*, Edition 2, Tanger, Maroc. 331-334.
- [9] Laraque A., 1990. Critères de qualité des eaux pour un usage en irrigation. Evolutions et prévisions dans les eaux des açudes du Nord-Est brésilien semi-aride. Thèse de Doctorat en Sciences. Université de Montpellier. France. 190 p.
- [10] Vinson J., 2003. Calculs des flux annuels et des flux spécifiques annuels d'azote nitrique des principaux fleuves et rivières de Bretagne. Rapport de la Direction Régionale de l'Environnement de Bretagne, Pôle d'Enseignement Supérieur et de la Recherche Agronomique de Rennes. 65p.
- [11] Zenati N., 2010. Pollution de l'Environnement Aquatique : Diagnostique et Proposition. « Région de Annaba ». Thèse de Doctorat en Hydrogéologie. Université Annaba. 289 p.