



Caractérisation physico-chimique des eaux de l'écosystème lacustre : cas du Lac des Oiseaux (Extrême NE- Algérien)

Physico-chemical characterization of waters of the lake ecosystem: Case of Lake of Birds (Far NE-Algerian)

A. Toumi¹, A. Reggam², H. Alayat¹, M. Houhamdi²

¹Laboratoire Agriculture et fonctionnement des écosystèmes Université d'El Tarf 36000 Algérie.

²Laboratoire Biologie, Eau et Environnement. Université 8Mai 1945de Guelma 24000 Algérie.

*Corresponding Author. E-mail: tabirdz25@gmail.com; Tel: (+213774308304)

Abstract

Lake Birds listed Ramsar site since February 2, 1999, is part of a wetland complex of eastern Algeria which a large part is erected as a national park. Considering the major importance, we studied the physicochemical water quality of the lake, this in order to appreciate the evolution of his condition and its impact on the environment and public health. The main objective is to evaluate the rate and nature of nutrients and pollutants introduced by the contributions of anthropogenic releases into the lake.

Keywords: Quality, pollution, Lake Birds, human impact, environment.

Résumé

Le Lac des Oiseaux classée site Ramsar depuis le 02 février 1999, fait partie d'un complexe de zone humide de l'Algérie orientale dont une très grande partie est érigée sous forme de parc national. Considérant cette importance majeure, nous avons étudié la qualité physico-chimique de l'eau du lac, ceci dans le but d'apprécier l'évolution de son état de santé et de son impact sur l'environnement et la santé publique. L'objectif principal est d'évaluer le taux et la nature des nutriments et matières polluantes introduites par les apports des rejets anthropiques dans le lac.

Mots Clés: Qualité, pollution, Lac des Oiseaux, impact de l'homme, environnement.

1. Introduction

Une politique de l'eau efficace et cohérente doit tenir compte de la vulnérabilité des écosystèmes aquatiques et des zones humides, étant donné que leur équilibre fortement influencé par la qualité des eaux de ruissellement et des rejets provenant de son bassin versant. La protection du milieu naturel suppose de protéger la qualité des eaux du bassin versant contre toute pollution urbaine ou industrielle. Le besoin est donc urgent d'une approche intégrée et plus appropriée de la gestion des bassins versants et des eaux à des fins de conservation des zones humides correspondantes. De nombreux travaux se sont aussi rapportées sur l'étude des différents effets des rejets industriels et urbains sur l'évolution de la qualité des eaux de surface et la pollution des écosystèmes aquatiques [1-3].

Les dernières décennies ont été marquées par la régression des zones humides dans le monde entier ce qui a suscité de nombreux programmes scientifiques ou de conservation à l'origine de réglementations spécifiques nationales ou internationale [4]. Les récentes catastrophes climatiques confirment la nécessité de préserver les zones humides qui subsistent [5]de restaurer celles qui disparaissent aussi en raison de leur utilité comme zone tampon démontrée.

Le Lac des Oiseaux, situé à l'extrême NE algérien (Figure 1), est réputé pour sa biodiversité floristique et

faunistiques. L'activité agricole et le besoin grandissant en ressources hydriques se sont accentués aux alentours du lac menaçant ainsi l'intégrité écologiques de ce site [6]. La qualité de ces eaux est liée directement à la protection des bassins versants contre toute pollution d'origine urbaine ou industrielle [7]. Lors des épisodes de trop-plein, ses eaux sont directement versées dans les oueds et dans des sites naturels favorisant ainsi leurs surcharges en matières organiques biodégradables permettant un développement microbien qui affecte sans aucun doute la qualité physico-chimique de l'eau du lac.

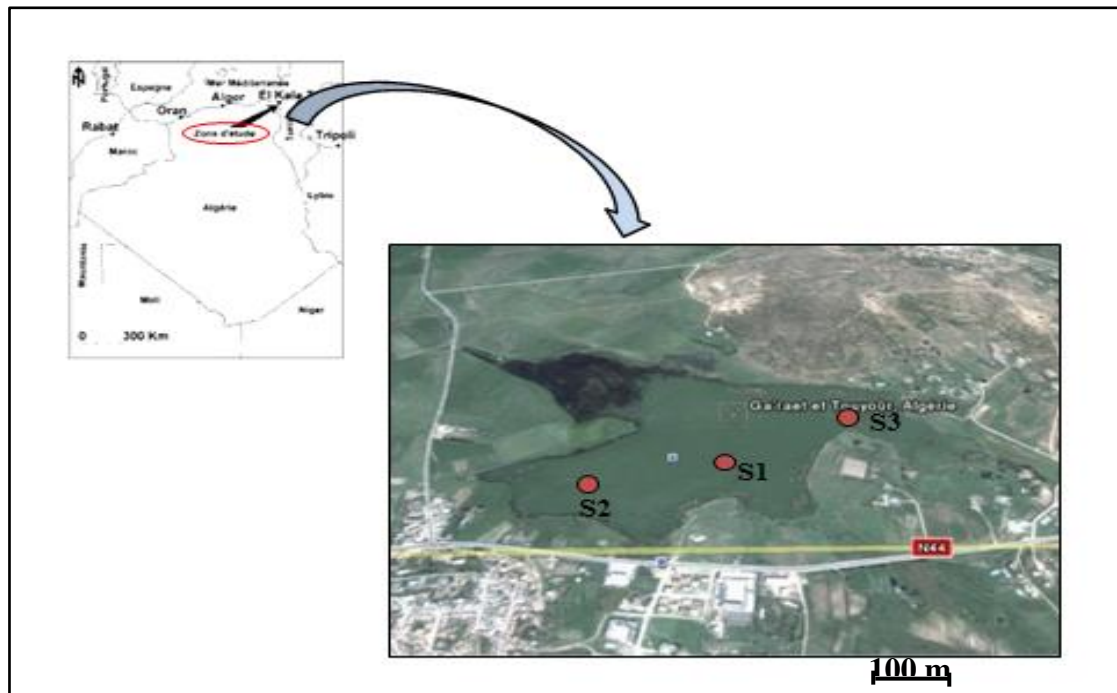


Figure 1: Situation géographique du Lac des Oiseaux et localisation des points de prélèvement S_1 , S_2 et S_3 .

Dans ce contexte notre objectif est déterminé la qualité physico-chimique de l'eau, son influence sur les risques de dégradation des terres agricoles environnantes et sur la santé publique.

La démarche suivie consiste à un échantillonnage d'eau au niveau du lac pour étudier les variations spatio-temporelles des teneurs de certains éléments chimiques aussi bien nutritifs que toxique présents dans les eaux de surface de l'écosystème aquatique du Lac des Oiseaux.

2. Matériels et méthodes

2.1 Site d'étude

Le Lac des Oiseaux ($36^{\circ}47'N$ $08^{\circ}7'E$), doit son nom à sa richesse ornithologique, surtout en hiver. Ce plan d'eau est un lac d'eau douce permanente très riche en hélophytes, qui présente une forme plus ou moins ovale, étirée vers le Nord-Est par une queue d'étang très caractéristique [8 ; 9]. Il s'étale sur une superficie de 150 ha avec une profondeur maximale voisine de 2,5m et un dépôt de matière organique allant de 1 à 3 cm [10]. Il occupe actuellement une superficie de 70 ha en période de pluie et 40 ha au maximum en période sèche [11]. La commune « Lac des Oiseaux » est une région à vocation strictement agricole. L'agriculture pratiquée est essentiellement de nature vivrière à l'exception de sa partie Sud où se développent les terrains agricoles morcelés. La topographie du lac et l'utilisation d'engrais chimique entraînent sa contamination par le biais des eaux de ruissellement et de lessivages. Un climat méditerranéen subhumide règne sur la région caractérisée par une pluviométrie abondante pendant la saison humide et les mois froide et par une sécheresse pendant l'été.

2.2 Méthode

Pour étudier la qualité de l'eau du Lac des Oiseaux et évaluer l'impact des eaux usées sur cette qualité, nous avons réalisé une étude physico-chimique. Nous avons choisi de mesurer les paramètres physico-chimiques suivants : la température car la solubilité des gaz sels en dépend, le pH car il influence de nombreux processus chimiques et biologiques ; la salinité qui renseigne sur la conductivité électrique de l'eau ; la concentration en

oxygène dissous dont la présence dans les eaux, est primordiale pour la vie aquatique, ces paramètres sont mesurés *in situ* à l'aide d'un multi paramètre du terrain (WTW) à 50cm de profondeur. Les autres sont réalisés au laboratoire : les cations magnésium, calcium et chlorures ensuite les nitrates et les phosphates dissous et responsable du développement bactérien. La dureté, les ions calcium (ISO 6059/1984) et magnésium (ISO: 6059/1984) sont dosés par la méthode titrimétrie avec EDTA 0,02N, les nitrates ont été réalisés par un spectromètre au diméthyle 2,6 phénol (ISO 7890/1936). Le dosage des chlorures par titrage au nitrate d'argent (ISO 9297/1989) méthode de MOHR. Les ortho phosphates sont dosés par méthode spectrométrique à l'aide du molybdate d'ammonium (ISO : 6878/1986).

Afin de mieux cerner l'évolution spatio-temporelle de la pollution organique et ses incidences sur le fonctionnement de l'écosystème, nous avons effectuée trois campagnes de mesure sur une période d'une année (2011). Les échantillons d'eau ont été collectés à trois stations de prélèvement (S1, S2, S3) choisis en fonction de l'urbanisation du bassin versant et de l'importance hydrologique des effluents et au rejet.

L'étude de la typologie de la pollution des eaux du Lac a été basée sur une Analyse en Composante Principale (A.C.P.). Les valeurs propres, les cartes factorielles et les cercles de corrélations ont été obtenus avec le logiciel STATISTICA version 7.

3. Résultat et discussion

3.1. Qualité physico-chimique des eaux

3.1.1. La température

La température de l'eau est un facteur important dans l'environnement aquatique du fait qu'elle régit la presque totalité des réactions physiques, chimiques et biochimiques [12]. Les valeurs de la température de l'eau du Lac des Oiseaux au niveau des trois stations, oscillent entre 18,25°C et 27,18°C, cette température ne présente pas de grandes variations d'une station à l'autre (Figure 2). Les fluctuations de la température sont en relation avec les conditions climatiques locales et plus particulièrement avec la température de l'air et les phénomènes d'évaporation de l'eau. Ces caractéristiques sont comme l'a souligné Semroud [13], très liées à la faible profondeur de la masse d'eau.

3.1.2. pH

Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés [14;15]. C'est un élément important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau. Il dépend des caractéristiques des plans d'eau et du bassin versant [16] et dépend des variations saisonnières [17; 18]. Il doit être compris entre 5 et 9 pour permettre un développement normal de la faune et de la flore. Les valeurs observées (figure 2) du pH ne montrent pas de variations notables, avec un minimum de 8,06 à la station (S2) et un maximum de 9,79 à la station (S3). Cette situation est favorable à une prolifération microbienne intense. Les variations du pH peuvent être un peu plus grandes en fonction des caractéristiques des plans d'eau et du bassin versant.

3.1.3 La salinité

La salinité est proportionnelle à la conductivité électrique. Elle dépend de la température, de la concentration et des types d'ions présents [19 ; 20]. Sa variation suit la même allure (figure 2). Les résultats obtenus montrent que les teneurs de salinité présentent des variations presque identiques, entre 1,2g/l (minimum au S1) et de 1,4g/l (maximum au S2). Ce qui traduit une pollution modérée à forte.

3.1.4. Oxygène dissous (O₂)

Les valeurs de ce paramètre oscillent entre 2,5 et 2,9 mg/l. En général, les teneurs en O₂ obtenus dans cette étude sont inférieures à 5mg/l ces faibles valeurs ne peuvent s'expliquer que par l'abondance de la matière organique et la présence d'une activité bactérienne consommatrice de l'oxygène dissous et la diminution de la capacité d'autoépuration de ces eaux. Les rejets domestiques contribuent à la diminution de la teneur en O₂, ce dernier étant consommé par les microorganismes pour dégrader la matière organique.

L'eau du lac présente une mauvaise oxygénation durant la période d'étude, les basses teneurs sont, enregistrées en mois de mai. Si on compare nos résultats avec les recherches précédentes sur le Lac des Oiseaux nous pouvons affirmer que les taux d'oxygène dissous diminuent rapidement dans les eaux du lac entre la période (2009-2011) qui se situe entre une qualité passable à médiocre. La faible oxygénation serait liée à la dégradation bactérienne des débris.

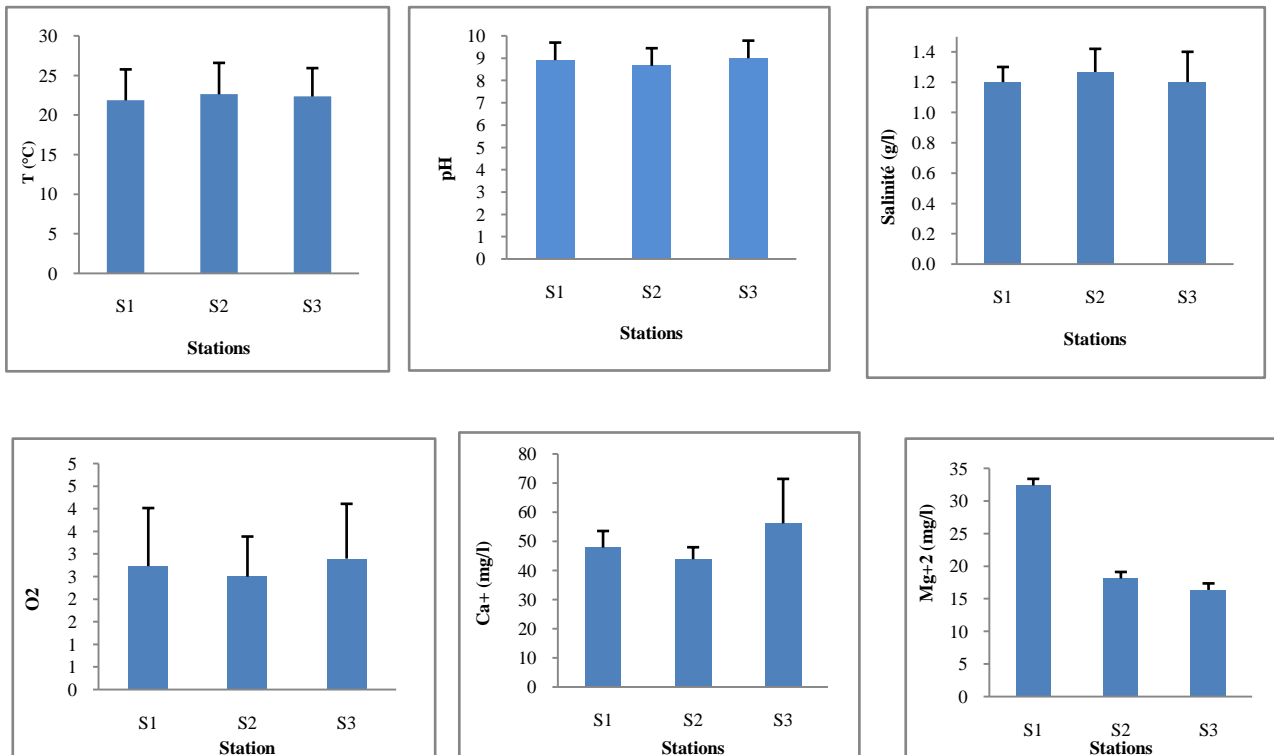


Figure 2: Les écart-types des températures, pH, salinité, oxygènes dissous et des ions calcium et magnésium du Lac des Oiseaux.

3.1.5. Le Calcium (Ca^{2+})

Le calcium est un autre élément qui constitue la dureté de l'eau ; sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés, elle varie de 1 à 200 mg/l en eau douce. Cet élément a pour origine la dissolution des formations carbonatées et gypseuses donc la précipitation du calcaire dépend de la teneur en CO₂ et de pH (équilibre calco-carbonique). La Figure 2 nous montre que les valeurs enregistrées de concentrations du Ca²⁺ dans les eaux étudiées, sont inférieures à 100 mg/l ce qui les qualifie d'eaux modérément douces. Nous avons enregistré les valeurs les plus faibles de ce paramètre à la station S2.

3.1.6. Le magnésium (Mg^{2+})

D'après les résultats des analyses de Mg²⁺, la figure 2 nous remarquons que tous les échantillons ont des teneurs moyennes inférieure à 35mg/l. Ces valeurs marquent cependant un pic important au niveau de la station S1 (32,40 mg/l). Les cations Mg²⁺ ont la même origine et la même provenance que celle du Ca²⁺ (dissolution des formations carbonatées et des roches magnésites, argiles), dans les eaux douces les concentrations en Mg²⁺ est inférieure à celle du calcium. La décroissance des teneurs de cet élément se fait sous l'effet de la dilution. Le magnésium est très apprécié par les cellules bactériennes, qui l'absorbent du milieu extérieur et le concentrent dans les vacuoles de ressources spécifiques [21].

3.1.7. La dureté totale (TH)

La dureté totale de l'eau (TH) est un paramètre rattachée directement à la quantité de calcium et de magnésium dans une eau [22]. Les résultats obtenus nous montrent que les eaux étudiées ont des duretés moyennes qui varient entre (61,96 mg/l et 88,22 mg/l) au cours de leurs suivis. La valeur la plus élevée est enregistrée au niveau de la station S1, tandis que la valeur la plus faible est celle de la station S3.

3.1.8. Les Chlorures (Cl)

L'eau contient presque toujours des chlorures mais en proportion très variables ; leur teneur augmente généralement avec le degré de minéralisation de l'eau. En se référant à la norme française [23], les eaux étudiées présentent d'une manière générale des valeurs élevées. Les écart-types obtenus au niveau du lac sont assez variables, la plus faible valeur est observée à la station S1 avec (107mg/l) et la plus forte (147,59 mg/l) à la station S2 (Figure 3). Ces ions chlorures proviennent des lentilles argileuses présentes dans le bassin versant, elles peuvent également être en partie d'origine humaine (urines/j 10à 15 g Na Cl) [24].

3.1.9. Les phosphates (PO_4^-)

L'accroissement des flux de phosphore dans les eaux de surface résulte de l'intensification de la pression démographique et des activités agricoles dans les bassins versants [25]. Les phosphates constituent un élément important pour augmenter les performances des détergents dont on connaît l'action néfaste sur les équilibres écologiques des eaux de surface [26], le phosphore est un des éléments majeurs indispensables à la croissance et au développement des végétaux. Il joue en particulier un rôle essentiel dans la photosynthèse et la reproduction du végétal [27]. Nous remarquons que pour les stations S1 et S2 les valeurs sont presque identiques. La station S3 affiche les valeurs les plus importantes avec un écart-type de (1,16 mg/l). Les valeurs de PO_4^{-3} dépassent les 0,5mg/l ce qui indique des eaux polluées selon la grille de l'agence Nationale des Ressources Hydriques (Tableau1). La présence des phosphates dans les eaux de surface entraîne un développement massif d'algues est considéré comme facteur déclenchant le phénomène de l'eutrophisation.

Table 1: La qualité des eaux étudiées d'après la grille de l'agence du Bassin Adour Garonne [28]

paramètre	Classe	Qualité des eaux
Température	2 et 3	Moyenne à médiocre
Oxygène dissous	3	Médiocre
CE	3	Médiocre
PO_4^{-3}	/	Polluée
NO_3^-	/	Polluée avec des signes de pollution

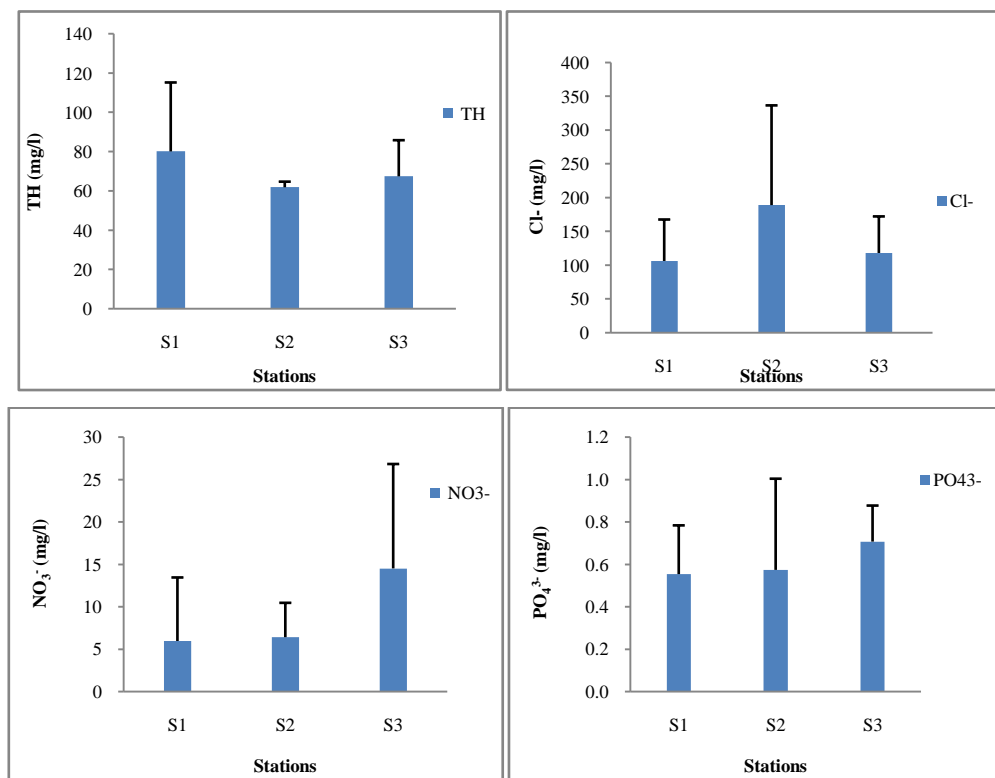


Figure 3 : Les écart-types de TH, des phosphates, chlorures et nitrates du Lac des Oiseaux.

3.1.10. Nitrate (NO_3^-)

Les nitrates existent dans les eaux à l'état naturel en absence de pollution ; leur concentration n'excède en générale pas (3mg/l) dans les eaux souterraines. Le lac présente des taux de nitrate très élevés qui dépasse largement la norme internationale. Les concentrations sont variées entre S1, S2 et S3 s'explique le phénomène de la dénitrification, la valeur moyenne la plus haute enregistrée dans la station S3 (14,51mg NO_3^- /l) est ceci sous l'effet des ruissellements, alors les teneurs les plus faibles sont rencontrées aux stations S1 (1,67 mg/l) et S2 (8,59 mg/l). Le transfert naturel de l'azote se fait selon les conditions d'oxydoréduction et des réactions

biologiques. La pollution par les nitrates provient des rejets urbains et industriels mais aussi des rejets agricoles [29], par le lessivage des sols à l'occasion d'épisodes pluvieux [30]. En présence de phosphore les nitrates favorisent le phénomène d'eutrophisation.

Ces produits sont généralement apportés par les eaux usées suite à une utilisation excessive des engrais azotés en agriculture.

3.2. Traitement statistique des données

3.2.1. Corrélation entre les différents paramètres étudiés

L'ACP a été effectuée sur une matrice des données constituée de 9 prélèvements (3 stations x 3 campagnes) au cours desquels les 11 variables (température de l'eau, salinité, conductivité, pH, oxygène dissous, Titre hydrométrique, Ca^{2+} , Mg^{2+} , NO_2^- , NO_3^- et PO_4^{3-}) ont été mesurées. La matrice des corrélations des 11 paramètres mesurés durant notre étude est présentée dans le tableau 2. Dans ce tableau où les coefficients de corrélation de Pearson significatifs ($p < 0,05$) et supérieurs à 0,5 sont représentés en gras, des corrélations intéressantes sont observées (Tableau 2).

Tableau 2 : Matrice de corrélation entre les variables sur l'ensemble des stations étudiées

	T°	pH	O ₂	Cl	Sal	Ca ²⁺	Mg ²⁺	TH	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻
T°	1,000										
pH	-0,589	1,000									
O ₂	-0,435	0,984	1,000								
Cl	0,945	-0,821	-0,705	1,000							
Sal	0,770	-0,969	-0,910	0,936	1,000						
Ca ²⁺	-0,396	0,975	0,999	-0,674	-0,891	1,000					
Mg ²⁺	-0,898	0,175	-0,004	-0,706	-0,411	-0,048	1,000				
TH	-0,999	0,546	0,387	-0,927	-0,735	0,347	0,920	1,000			
NO ₂ ⁻	0,457	-0,988	-1,000	0,722	0,920	-0,998	-0,020	-0,410	1,000		
NO ₃ ⁻	0,214	0,663	0,786	-0,117	-0,459	0,813	-0,621	-0,265	-0,771	1,000	
PO ₄ ³⁻	0,285	0,606	0,739	-0,043	-0,392	0,767	-0,677	-0,335	-0,722	0,997	1,000

On note, une corrélation positive et négative entre l'oxygène dissous et les paramètres de calcium (0,999) et de nitrite (-1,00). Des corrélations fortes et négatives sont observées entre la température et la dureté totale d'une part et entre le calcium et les nitrites d'autre part ($r = -0,999$, $r = -0,998$). L'association qui présente des corrélations fortes et positives est observée entre NO_3^- - PO_4^{3-} . Ces corrélations ne peuvent être attribuées qu'à des processus non naturels liés à l'activité humaine tels que les eaux usées du village de Sidi Djaballah et les activités agricoles intensives aux bordures de ce lac.

3.2.2. Dans le plan Factoriel F1x F2

L'examen des résultats numériques de cette ACP montre que les valeurs propres (Figure 4) indiquent que l'axe F1 représente 63,81% de la variance totale des données. L'axe F2 indique 36,19% de la variabilité totale des données. Ainsi, 100% de la variabilité du tableau de données est extraite par le plan factoriel F1 X F2. De ce fait, l'analyse des résultats de l'ACP sera faite en se limitant à ces deux premiers axes.

Le cercle de corrélation formé par les axes F1 et F2 (Figure 5) donnant 100 % de l'information totale montre, selon l'axe F1 (63,81 %), d'une part les eaux fortement minéralisées riches en calcium, conductivité électrique, salinité et d'autre part il est associé de variable telle NO_2^- qui est indicateur de pollution organique au posé à l'oxygène dissous. Cet axe définit alors un gradient de minéralisation et de pollution organique en allant de la gauche vers la droite de la composante 1. La position de l'oxygène dissous sur la partie négative de la composante 1 pourrait justifier par le fait que les eaux du Lac des Oiseaux sont plus oxygénées dans la partie Sud-ouest du lac loin de l'impact des effluents urbains situés dans la partie Nord-est du lac.

Les variables structurant positivement F2 sont Mg^{2+} et TH. Alors que celles structurant négativement sont PO_4^{3-} , NO_3^- et T°, ces variables décrivent une pollution de type organique et une eutrophisation des milieux aquatiques. Ainsi, l'axe F2 peut être assimilé à un axe traduisant le degré de pollution et d'eutrophisation.

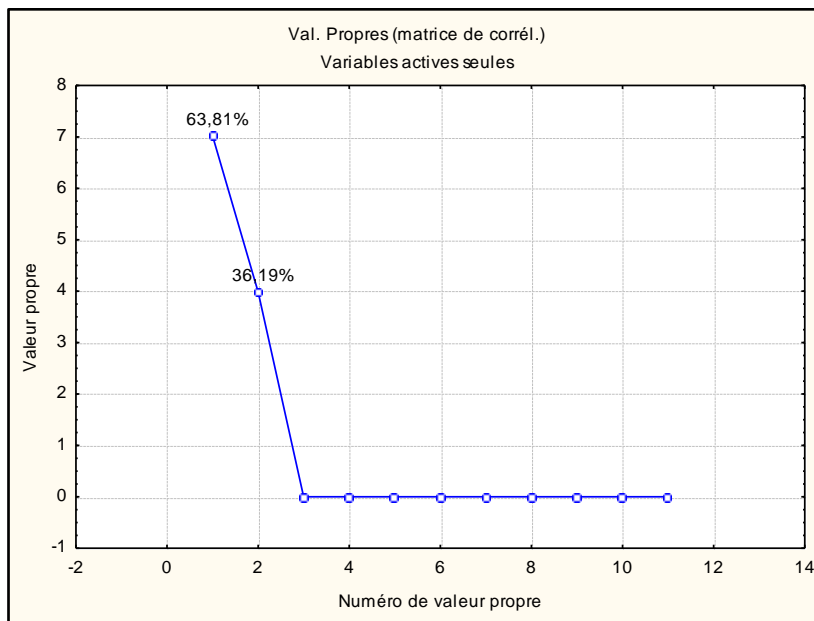


Figure 4 : Représentation graphique des valeurs propres calculées.

En ce qui concerne la projection des individus sur le plan factoriel F1 et F2, elle montre que 63,81% des individus sont bien représentés par l'axe F1 et 36,19% des individus sont bien représentés par l'axe F2 (Figure 6), donc les individus les mieux expliqués par l'axe F1 sont : S2 et S3. Les individus les mieux expliqués par l'axe F2 sont : S1.

L'analyse de la projection des individus dans le plan factoriel F1 et F2 montre qu'on peut subdiviser les points de mesures en trois groupes :

Groupe 1 : caractérise les eaux fortement minéralisées et moins affectées par l'activité urbaine. Ce sont les eaux de la station I qui se trouve dans la partie positive de la composante 2.

Groupe 2 : caractérise les stations dont les eaux sont fortement minéralisées et fortement affectées par l'activité urbaine. Ces eaux ont une forte conductivité mais sont caractérisées par la présence d'ions de nitrite. Elles sont le fait de station S2 qui se trouve dans la partie positive de la composante 1.

Groupe 3 : comprend la station S3 située dans une zone à faible minéralisation mais qui se caractérise par une forte activité agricole (cultures Maraichères et céréales) à l'origine de la présence des nitrates et phosphates dans cette zone. Cette station se place sur la partie négative de la composante 1.

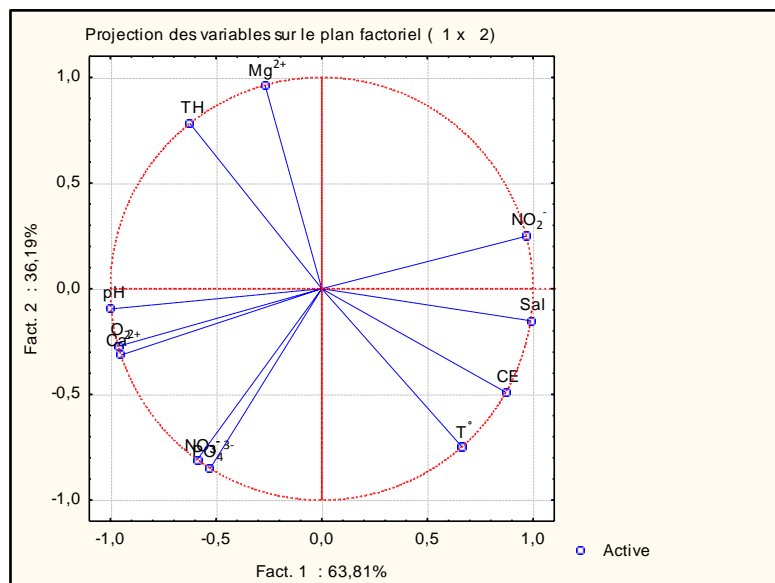


Figure 5 : Représentation des variables sur le plan factoriel F1 et F2

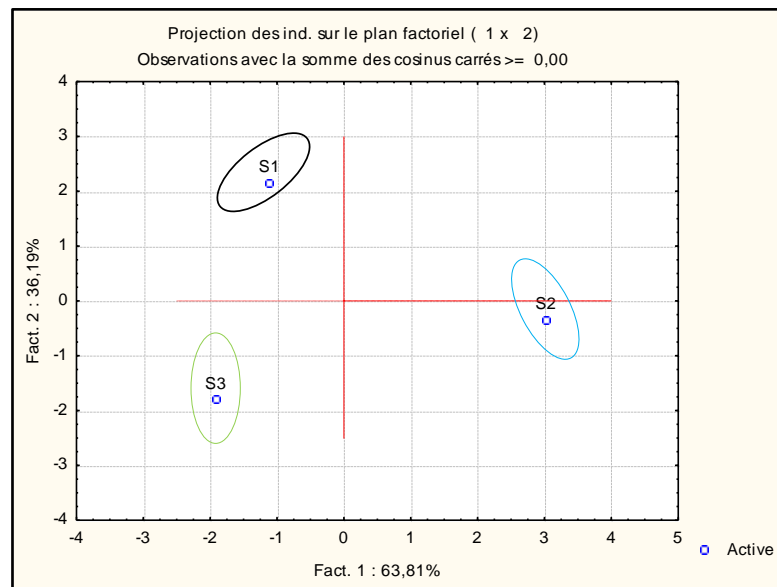


Figure 6: Représentation des stations de prélèvement sur le plan factoriel F1 et F2.

Conclusion

Nous avons constaté que certains paramètres étudiés sont sous l'influence de la saison pluvieuse. Les variations observées semblent être liées essentiellement aux :

- Facteurs climatiques : abondances des précipitations font augmenter les niveaux d'eau dans les lits du cours d'eau et par conséquent un transfert des éléments chimiques entre les différents points du lac (notamment les phosphates, les chlorures, et les différentes formes azotées minérales) ;

- Facteurs anthropiques : par la fertilisation phosphatée et azotée des terrains agricoles et l'élevage, ainsi que les rejets d'eau résiduaux domestiques qui constituent les sources majeurs d'émission des ions nitrites, nitrates et phosphates. Finalement, les charges des matières étudiées étant très importantes reflètent une situation de pollution pendant la période de notre étude et par conséquent un risque de dégradation de cette zone humide réceptrice des eaux du bassin versant.

L'analyse en composante principale, réalisée sur une matrice de données brutes comportant 11 variables physico-chimiques a permis de dégager deux axes principaux qui résument l'essentiel de l'information de cette matrice : l'axe F1 qui peut être assimilé à un axe traduisant un gradient de minéralisation et l'axe F2 qui traduirait le degré de pollution et d'eutrophisation. De même, les stations sont bien typées et donc bien structurées par leurs données physicochimiques.

Acknowledgements - Au terme de cette recherche, il m'est très agréable d'exprimer mes remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Références

1. Bengherbia A., Hamaidi F., Zahraoui R., Hamaidi M.S., et Megateli S., *Lebanese Science Journal*, 15, No. 2, (2014)
2. Ounoki S., Achour S., *Larhyss Journal*, n°20, Décembre (2014), pp. 247-258
3. Reggam A., Bouchelaghem H., Houhamdi M., *J. Mater. Environ. Sci.* 6 (5) (2015) 1417-1425
4. Barnaud G., Thèse doctorat. Université de Rennes 1, Rennes, France (1997) 451p.
5. Nichane M., et Khelil M.A. *Larhyss Journal*, , n°21, March 2015, pp. 15-23
6. Houhamdi M., Samraoui B., *Ardeola* 55 (2008) 59-69.
7. Houhamdi M., Samraoui B., Occupation spatio-temporelle par l'avifaune aquatique du Lac des Oiseaux (Algérie). *Alauda*. 70 (2) (2002) 301-310.
8. Arrignon J., Bacconnier. Alger 5eme Ed. ISBN: 2-74 30-0565-3 (1962) 120p
9. Houhamdi M., Samraoui B., Diurnal behaviour of wintering Wigeon *Anas penelope* in Lac des Oiseaux, northeast Algeria. *Wildfowl*. 54 (2003) 51-62.

10. Joleaud L., Etude géologique de la région de Bone et la Calle. *Bull. Serv. Algérie*, 2eme série stratigraphie et description générale (Typo - litho § Jules Carbonel. Ed Imp. ISBN: 84-7840-470-8, (1936) 199 p.
11. Samraoui B., DE Belair G., Benyacoub S., *Environ. conserv.* 19(1992) 264-267.
12. Chapman D., Kimstach V., Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring, chapman edition, 2nd ed. E & FN Spon, London, ISBN: 0 419 21590 5 (HB) 0419 216006 (PB) (1996).
13. Semroud R., Thèse de troisième année USTH. Alger (1983) 137p.
14. dussart B.H., Limnologie: Etude des eaux continentales. Gauthier -Villars, Ed., Paris, ISBN: 2-225-84687-1, (1966) 678p
15. Bermond R., Vuichaard R., Les paramètres de la qualité des eaux. Documentation Française, Paris, ISBN: 978-2-550-58228-1, (1973) 179p
16. Belghiti M.L., Chahlaoui A., Bengoumi D., El Moustaine R., Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quadernaire dans la région de Meknès (Maroc), *Larhyss Journal* n°14 (2013) pp 21-36.
17. Baize D., Guide des analyses en pédologie: choix, expression, présentation, interprétation 2e éd, INRA-paris 255 (2000).
18. Dinon E., Gerstmans, L'Influence du pH sur l'assimilation des éléments nutritifs du sol par les plantes et sur la variété des plantes, Université de Liège, (2008).
19. Hem JD. , Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water, USGS Water Supply Paper, 2254, (1985)117-120.
20. HCEFLCD, Etude sur la pisciculture au barrage Almassira, CR dar CHAFAAI, Cercle d'ELBROUGE, Province de Settat, 201p, (2006).
21. Schlumberger O., Mémento de pisciculture d'étang 4ème édition CEMAGREF. ISBN: 2-85362-603-2 (2002) 238p.
22. Rodier J., L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 6eme édition.- paris Dunod. ISBN: 2040100377, (1978) 1135p.
23. Rejsek F., Analyse des eaux ; aspects règlementaires et techniques. Edition Sceran. Paris, ISBN: 2866174208 (2002) 360p.
24. Gaujous D., La pollution des milieux aquatiques Aide-mémoire, 2eme Ed Lavoisier. ISBN:2-7430-0021 (1995) 224p.
25. Sayad L., Houhamdi M., Drouiche N., Mouchara N., «Qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau de l'écosystème lacustre Lac des Oiseaux (wilaya d'El-Tarf-site Ramsar) ». Proceeding, CIGRE. ENSH, Blida36-41 (2009).
26. Rodier, L'analyse de L'eau: eau naturelles résiduaires-eau de mer. 8ème édition. Dunod, ISBN:2100496360 (2005) 1383p.
27. El Oumlouki K., Moussadek R., Zouahri A., Dakak H., Chati M., El amrani M., *J. Mater. Environ. Sci.* 5 (S2) (2014) 2365-2374.
28. ANRH, Agence National des Ressources Hydriques, données hydrochimiquesur la qualité des eaux de surface en Algérie (2001).
29. Lgourna Z., Warner N., Bouchaou L., Boutaleb S., Tagma T., Hssaisoune M., Ettayfi N., Vengosh A., *Mor. J. Chem.* 2 N°5 (2014) 447-451
30. Samake H., Analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 2000 et 2001, 77 p (2002).

(2016) ; <http://www.jmaterenvirosci.com>