

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur
et de la recherche scientifique
Université Chadli Bendjedid
El Tarf



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الشاذلي بن جديد
الطارف

جامعة الشاذلي بن جديد

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

UNIVERSITE CHADLI BENDJEDID

كلية علوم الطبيعة والحياة

Département des sciences biologiques

قسم العلوم الطبيعية والحياة

Mémoire de Fin d'Études

Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master

« Toxicologie Industrielle et Environnementale »

THEME

**Variations spatiales de la teneur en N. P. K de la vase
du lac Oubéira et des terres cultivées de la rive SE**

Présenté par: LOUAHCHE Imen

Devant le jury composé de :

Dr. TOUIL Widad	MCA	Président	UCBET
Dr. DELIMI Amel	MCA	Examinatrice	UCBET
Dr. MOUISSI Samia	MCA	Promotrice	UCBET

Année universitaire 2024 - 2025

Remerciement

Avant tout, Nous tenons à remercier Allah le tout puissant qui nous a donné la
.Santé, le courage, la volonté et la patience pour réaliser ce travail

“ الحمد لله الذي بدمته تنبؤ السالوات ”

Un remerciement exceptionnel à notre encadrant Madame Mouissi Samia, qui
a été un véritable exemple de dévouement et de professionnalisme. Elle n’a
ménagé aucun effort pour m’accompagner durant toutes les étapes de ce
travail. Ses conseils scientifiques et ses remarques pertinentes ont grandement
.contribué à l’enrichissement de ce mémoire

Nous remercions très sincèrement les membres du jury qui ont accepté
.d’évaluer ce travail et de le juger objectivement

Nous adressons également nos remerciements à tous les enseignants du
département des Sciences de la Nature et de la Vie, qui nous ont transmis les
.bases scientifiques nécessaires tout au long de notre parcours universitaire

Enfin, nous exprimons notre profonde gratitude à nos familles,
particulièrement nos parents, pour leur soutien indéfectible et leurs prières
sincères tout au long de ce parcours

Merci à tous.

DÉDICACE

Après des années de sérieux et de persévérance, et un long parcours jalonné de défis et d'expériences, j'arrive aujourd'hui à une étape importante de mon parcours académique. Ce travail modeste représente l'aboutissement d'une phase précieuse de ma vie étudiante. Le moment de la soutenance n'est pas seulement la fin d'un cycle, mais aussi le début d'un nouveau chemin. Cet accomplissement n'aurait pas été possible sans le soutien et l'appui de nombreuses personnes.

À toutes ces personnes, je dédie le fruit de ce parcours.

À ceux qui ont semé en moi l'amour du savoir et qui m'ont soutenu à chaque pas... à mes chers parents, je dédie ce travail en témoignage de ma reconnaissance et de mon affection.

À ma tendre mère, prière constante et sourire sincère dans toutes les circonstances.

À mes frères, sœurs et à toute ma grande famille, mon appui et ma compagnie dans la vie, toute ma gratitude.

À mon encadrant, Madame mouissi Samia, je dédie ce travail en reconnaissance de ses efforts et de ses conseils sincères tout au long de cette recherche.

À mes amis et collègues de route, avec qui j'ai partagé mon parcours universitaire et cette joie, merci pour chaque beau moment.

À tous ceux qui m'ont soutenu, ne serait-ce que par un mot, une prière ou un sourire merci du fond du cœur.

Résumé

L'objectif de cette étude consiste à déterminer l'évolution spatiale de la bathymétrie, de l'envasement et de l'enrichissement du lac Oubeira en éléments nutritifs, pour mieux comprendre leurs effets sur l'écosystème aquatique.

Les résultats obtenus montrent que ce lac d'eau douce, peu profond, est recouvert d'une épaisse couche de vase, qui à long terme entraînera la disparition de cet écosystème, si un dragage et des aménagements du bassin versant ne sont pas entrepris.

L'abondance des nutriments contribue au développement de la végétation aquatique (Chataigne d'eau, Meriophile, Nénuphar...) visible sur une grande surface notamment vers le Nord-West. L'eau du lac et les affluents qui l'alimentent présente une forte pollution bactériologique, avec une concentration en flore mésophile aérobie. En outre des fortes contamination par les coliformes fécaux et coliformes totaux et les streptocoque.

Mots-clés : Azote, prédiction , envasement, lac oubeira.

summary

The purpose of this study is to determine the spatial evolution of the bathymetry, siltation and enrichment of the lake Oubeira nutrient to better understand their effects on the aquatic ecosystem.

The results obtained show that the freshwater lake, shallow, is covered with a thick layer of mud, which in the long term will result in the loss of this ecosystem, so a dredging and watershed management are undertaken.

The abundance of nutrients contributes to the development of aquatic vegetation (water chestnut, Meriophile, Lily ...) visible over a large area including to the North-West.

Keywords: Nitrogen, phosphorus, siltation, lake Oubeira.

ملخص

الغرض من هذه الدراسة هو تحديد التطور المكاني للترسب الطمي، وقياس الأعماق وإثراء المغذيات Oubeira البحيرة إلى فهم أفضل لآثارها على النظام البيئي المائي. النتائج التي تم الحصول عليها تظهر ان يتم تغطية بحيرة للمياه العذبة، الضحلة، مع طبقة سميكة من الطين، والتي في المدى الطويل سوف يؤدي إلى فقدان هذا النظام البيئي، بحيث يتم إجراء أعمال الحفر وإدارة مستجمعات المياه. وفرة المواد الغذائية ويسهم في تنمية النباتات المائية (كسثناء الماء ، Meriophile، ليلي...) مرئية على مساحة واسعة بما في ذلك إلى الشمال والغرب.

الكلمات الرئيسية : النيتروجين والفوسفور وترسب الطمي، Oubeira البحيرة.

LISTE DES FIGURES

N°	Titre	Page
01	Carte de situation de la zone d'étude.	5
02	Carte géologique simplifiée de la région	6
03	Diagramme ombrethermique de la région d'El Kala.	10
04	Carte de localisation des stations d'observation	12
05	Carte isobathe du lac oubeira.	17
06	Carte iso-épaisseur vase du lac oubeira.	18
07	Texture de la vase du lac Oubeira.	20
08	Carte isoplèthe de la concentration en azote total de la vase du lac Oubeira.	22
09	Carte isoplèthe de la concentration en phosphore du vase dans le lac Oubeira.	25
10	Carte isoplèthe de la concentration en potassium de la vase du lac Oubeira.	28
11	Carte isoplèthe de la concentration en calcium de la vase du lac Oubeira.	31
12	Carte isoplèthe de la concentration en magnésium de la vase du lac Oubeira.	34
13	Carte isoplèthe de la concentration en sodium de la vase du lac Oubeira	37
14	Carte iso-pH du de la vase du lac Oubeira	38
15	iso-CE du de la vase du lac Oubeira	40
16	Carte isotherme du lac Oubeira.	42
17	Carte iso-pH du lac Oubeira.	43
18	Carte iso-CE du lac Oubeira	44

19	Carte isoplète de la turbidité du lac Oubeira	45
20	Carte isoplète de la concentration en oxygène dissous	47
21	Corrélation entre l'azote de la vase et le nitrate de l'eau.	50
22	Corrélation entre le phosphore de la vase et de l'eau	50
23	Corrélation entre le Potassium de la vase et de l'eau	51
24	Corrélation entre le calcium de la vase et de l'eau	51
25	Corrélation entre le magnésium de la vase et de l'eau	52
26	Corrélation entre le sodium de la vase et de l'eau	52

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
01	Classement des qualités de sols par rapport à l'azote total	23
02	Classement des qualités de sols par rapport au phosphore assimilable	26
03	Classement des qualités de sols par rapport au potassium	29
04	Classement des qualités de sols par rapport au calcium	32
05	Classement des qualités de sols par rapport au magnésium	35
06	Classement des qualités de sols par rapport au pH	39
07	Echelle de salinité des sols	41
08	Classes de turbidité naturelle	46
09	Classification utilisée par le logiciel Minitab 13	48

Liste des abréviations:

% : Pour cent.

$\mu\text{s/cm}$; Micro siemens par centimètre.

B.V; Bassin versant.

Ca; Calcium.

CE; Conductivité électrique.

cm; Centimètre.

DSA; Direction des services agricoles.

I.C: Intervalle de confiance

INSID; Institut d'analyse du sol. Intérêt agronomique.

K; Potassium.

m; Mètre.

Mg; Magnésium.

mm ; Millimètre.

N; L'azote.

Na; Sodium.

NTU : Néphélométric turbidity unit.

O₂; L'oxygène dissous.

P; Phosphore.

P; Précipitation.

PH; Potentiel d'hydrogène.

PNEK; Park national D'El-Kala.

Ppm Particule par million.

R; Coefficient de corrélation.

T; Température.

SOMMAIRE

Remerciement	
Dédicace	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des photos	
Liste des abréviations	
Introduction	1

CHAPITRE I

I. Présentation du milieu d'étude	3
1. Situation géographique	3
2. Géologie du bassin versant	4
3. Flore et faune.....	5
4 Etude climatique	8

CHAPITRE II

II. Matériels et méthodes.....	9
1 .Stratégie d'échantillonnages	9
1.1 Les stations d'observations	9
1.2 Période de prélèvement	10
1.3 Technique de prélèvement.....	10
2. Méthodes d'analyses.....	10
2. 1 Mesures in situ.....	10

2. 2 Méthodes d'analyse des échantillons au niveau du laboratoire...	13
2. 2. 1 Séchage, Broyage	13
2. 2. 1.1 Séchage.....	13
2. 2. 1. 2 Broyage.....	13
2. 2. 2 Granulométrie (Texture).....	14
2. 2. 3 Azote total.....	15
2. 2.4 Le phosphore.....	16
2. 2.5 Cations échangeables (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+)	16

CHAPITRE III

III. Résultats et discussion

1. La bathymétrie	18
2. L'envasement.....	19
3. Caractéristiques physico-chimiques de la vase	20
3. 1 La texture.....	20
3. 2 L'azote.....	21
3. 3 Le phosphore.....	23
3. 4 Le potassium.....	26
3.5 Le calcium.....	28
3.6 Le magnésium.....	30

3.7 Le sodium.....	33
3. 8 Le PH.....	36
3. 9 La conductivité électrique:(CE).....	37
4. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau	39
4.1 La température.....	39
4. 2 Le pH.....	40
4 .3 La conductivité électrique.....	41
4 .4 La turbidité.....	42
4.5 La concentration en oxygène dissous	44
5. Teneurs en N,P, K des terres cultivées.....	45
5. 1 Activité agricole	45
5. 2 Analyse des terres cultivées	45
6. Teneurs en N,P, K de la vase des affluents du lac Oubéira.....	46

CHAPITRE IV

IV. Analyses statistiques	49
Conclusion	54
Référence Bibliographie.....	56

INTRODUCTION

La gestion des milieux aquatiques doit prendre en compte l'eau, mais également le milieu physique et les activités humaines qui y sont associées. L'eau n'est pas seulement un ensemble de molécules H₂O, elle contient en réalité naturellement une très grande variété de matières dissoutes, inertes ou vivantes: des gaz, des substances minérales ou organiques, des microorganismes (bactéries, virus, plancton), ainsi que des particules en suspension (fines particules d'argiles, limons, et déchets végétaux).

Les caractéristiques : topographique, géologique, pédologique, jouent un rôle important dans le comportement hydrologique.

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 Km², 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, pH, turbidité,...). (Mouissi, 2017).

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 Bassin versant. (ALAYAT et LAMOUREUX, 2006)

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, 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 NW et le NE.

Ce lac qui se maintient depuis le quaternaire, s'est asséché complètement à la fin de l'été 1990 (BOUMEZBEUR, 1993), 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 consiste à déterminer les paramètres physico-chimiques de la vase et de l'eau et d'étudier leurs distributions spatiales.

Ce mémoire est structuré en quatre chapitres :

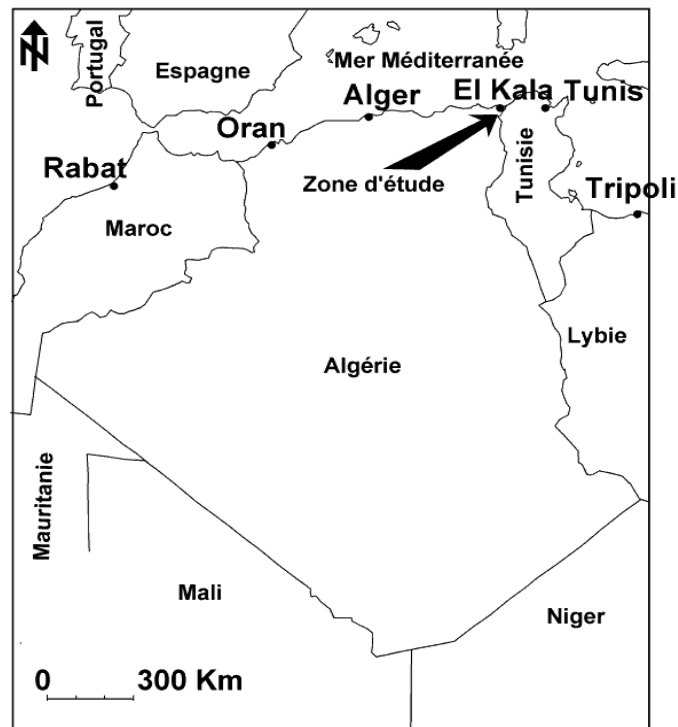
- * Le premier chapitre est consacré à la présentation du milieu d'étude ;
- * Le deuxième présente la stratégie d'échantillonnages et les méthodologies utilisées ;
- * Le troisième est consacré à la présentation et à la discussion des résultats ;

Chapitre 1

I. PRESENTATION DU MILIEU D'ETUDE :**1. Situation géographique :**

Le lac Oubeira est un plan d'eau douce faisant partie du parc national d'El-Kala (P.N.E.K); ce dernier qui est inscrit depuis l'année 1983 sur la liste de la convention de RAMSAR abrite le complexe de zones humides le plus important du Maghreb. Il est situé au Nord de la localité d'El-Frin, dans la région d'El-Kala, à une altitude de 23m (Fig. 1).

Ce lac endoréique a une alimentation essentiellement pluviale. Les affluents les plus importants sont les oueds Demenet Er Rehan, Degrah et Bouhchicha. Ce dernier, en périodes de crues joue le rôle d'effluents et se déverse dans l'oued Messida qui est un affluent de l'oued El Kébir Est. Il s'ensuit que son régime hydrologique est lié aux conditions climatiques.

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

2. Géologie du bassin versant :

Le Numidien (Oligocène à Burdigalien) affleure largement dans le bassin versant 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 (ALAYAT, 2009).

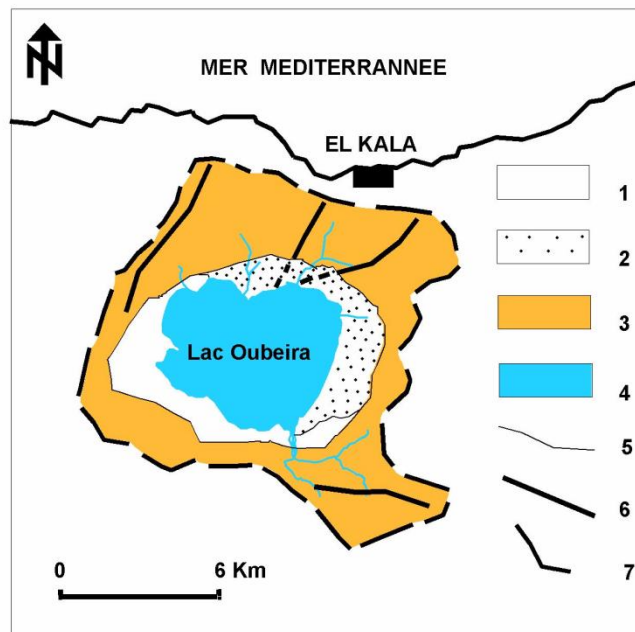


Fig. 2 : Carte géologique simplifiée de la région (ALAYAT, 2005)

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

3. Flore et faune:

La végétation du lac Oubeira est diverse, et sont présentes des espèces très variées. Nous citons les plus importantes : *Juncus maritinus*, *Phragmites australis*, *Tupha latifolia*, *Typha angustifolia*, *Scirpus lacustris*, *Myriophyllum spicatum*, *Ceratophyllum demersum*, *Nymphaea alba* et enfin *Trapa natans*. (BOUGUESSA, 1993).



Photo.1: Châtaigne d'eau

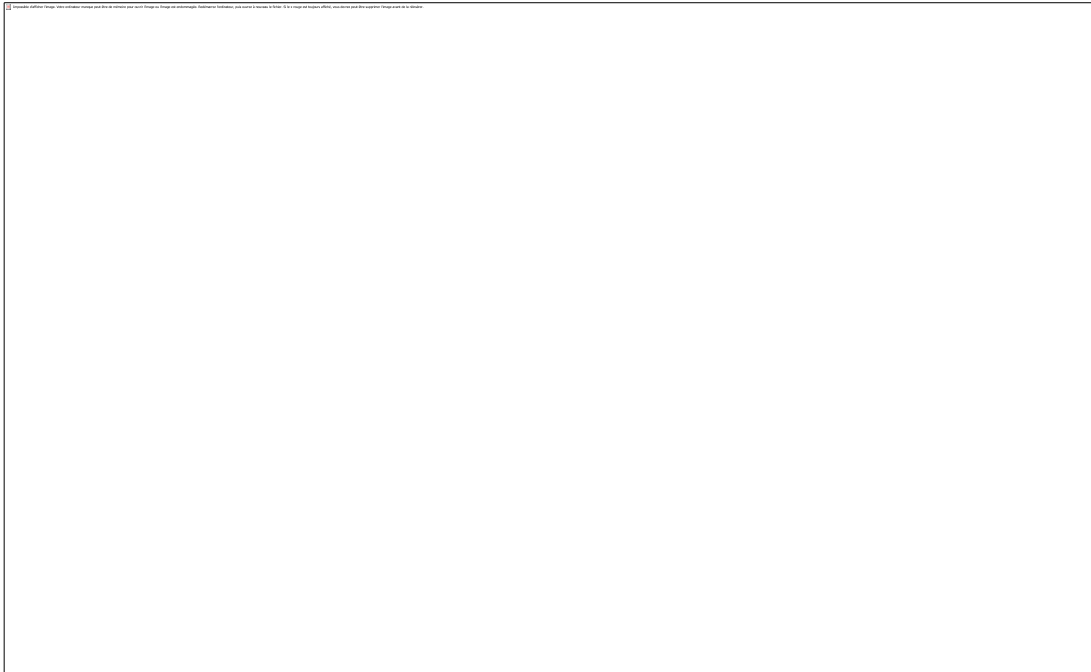


Photo.2: Meriophyle

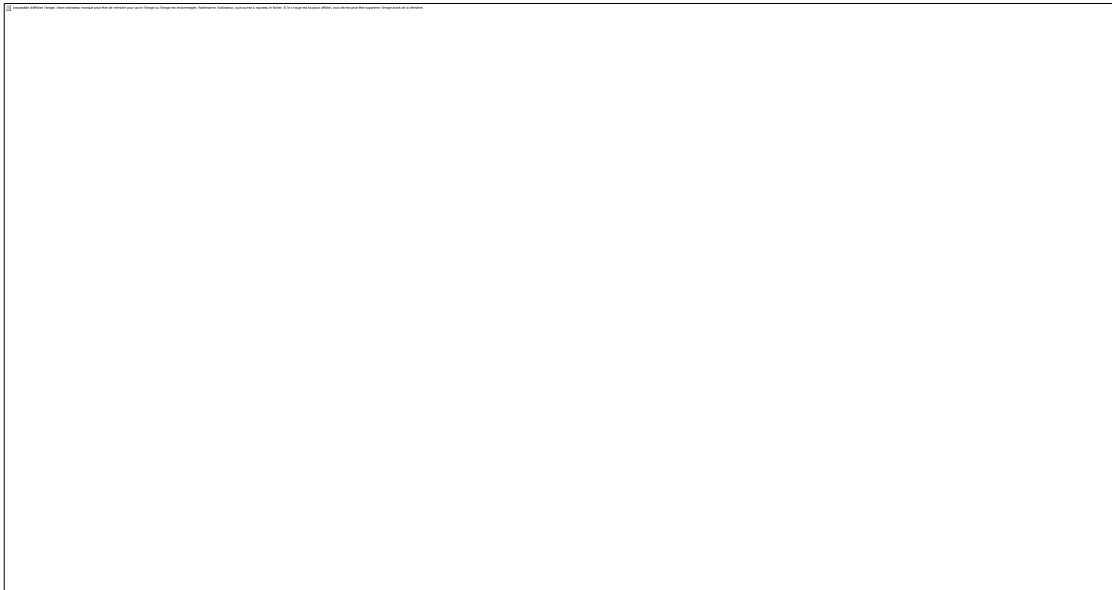


Photo.3: Nénuphar jaune

Le lac Oubeira est fréquenté par une avifaune très diverse (oiseaux sédentaires et migrateurs). Parmi ces espèces nous citons : le Canard siffleur, le Canard Chipeau, le Canard Souchet, la Sarcelle d'hiver, la Fuligule Milouin, l'Erismature, la Tadorne de Belon.

En ce qui concerne l'activité piscicole, l'ONDPA (entreprise dissoute depuis plus de dix ans) a établi un programme de repeuplement, pour l'exploitation de type extensif, en deux phases: l'une en 1985 et l'autre en 1991 (MAACHI, 1990), on y trouve entre autre : la carpe chinoise et l'anguille.

Le lac oubeira contient 11 espèces à intérêt économique et écologique distribuées en deux groupes.

❖ **Allochtones:**

Ctenopharyngodon idella, *Hypophthalmichthys molitrix*, *Aristichthys nobilis*, *Cyprinus carpio*, (carpe commune et carpe miroir), *Carassius affinis*. *Eupomotis gibbosus*.

❖ **Autochtones:**

Barbus callensis, *Anguilla anguilla*, *Mugil ramada*, et *Pseudophoxinus callensis*. (Ait Belkacem et Dembri, 1995).

Les études effectuées sur le lac oubeira par le P.N.E.K d'El-Kala révèlent la présence de 13 genres de Cyanoprocaryotes dont 9 sont considérés comme potentiellement toxiques (*Microcystis*, *Anabaena*, *Pseudanabaena*, *Oscillatoria*, *Aphanizomenon*, *Cylindrospermum*, *Synechocystis*, *Lyngbeya* et *Gamphosphaeria* (MENAIL, 2000 et MATMED, 2000).

4. Etude climatique :

Le diagramme ombrothermique de la station d'El Kala fait ressortir deux saisons. L'une humide et l'autre sèche. La saison humide débute le mois d'octobre et s'achève le mois d'Avril, par contre la saison sèche s'étale sur cinq mois, de Mai à Septembre.

La série des températures montre que le mois le plus aigre est le mois de janvier et le plus chaud le mois de juillet. Les totaux pluviométriques montre que le mois de décembre est le plus arrosé et le mois de juillet le plus sec.

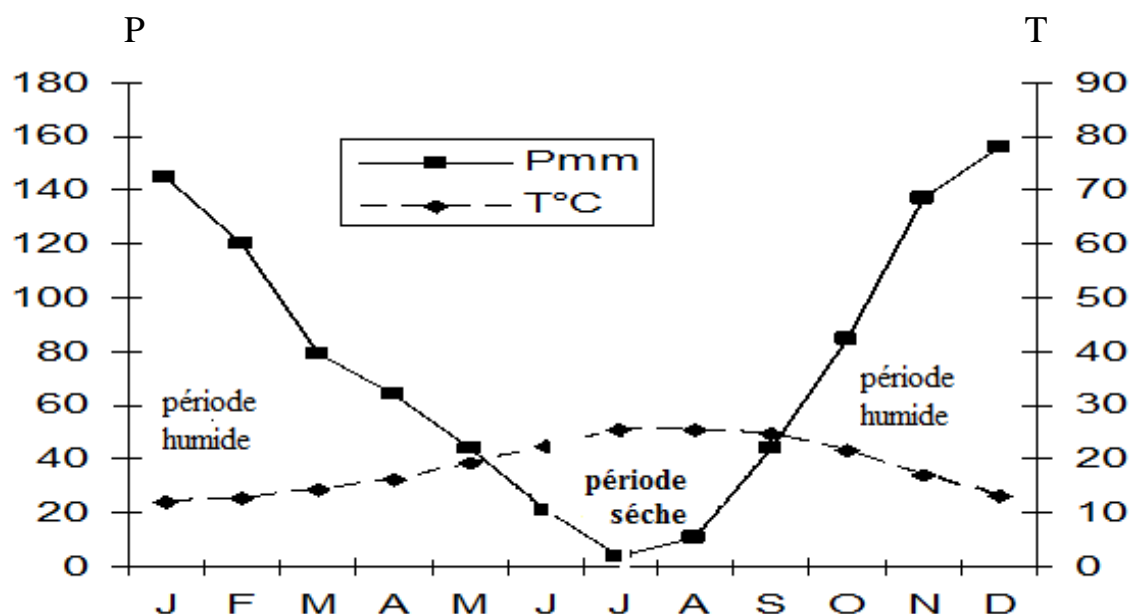


Fig.3: Diagramme ombrothermique de la région d'El Kala

(Période 2010-2022, DSA)

Chapitre 2

II. MATERIEL ET METHODES :

1. Stratégie d'échantillonnages :

1.1 Les stations d'observations :

Six transects parallèles ont été réalisés au niveau du lac Oubeira en fonction d'un maillage serré (Fig.4). Une vingtaine de stations de mesures ont ainsi été réalisées dans le lac, afin de mieux cerner la bathymétrie, l'envasement et l'évolution spatiale des paramètres physico-chimiques. Par ailleurs, les principaux affluents du lac (Demenet Er Rehan; Degrah; Bouhchicha) ont subi les mêmes traitements à leur embouchure.

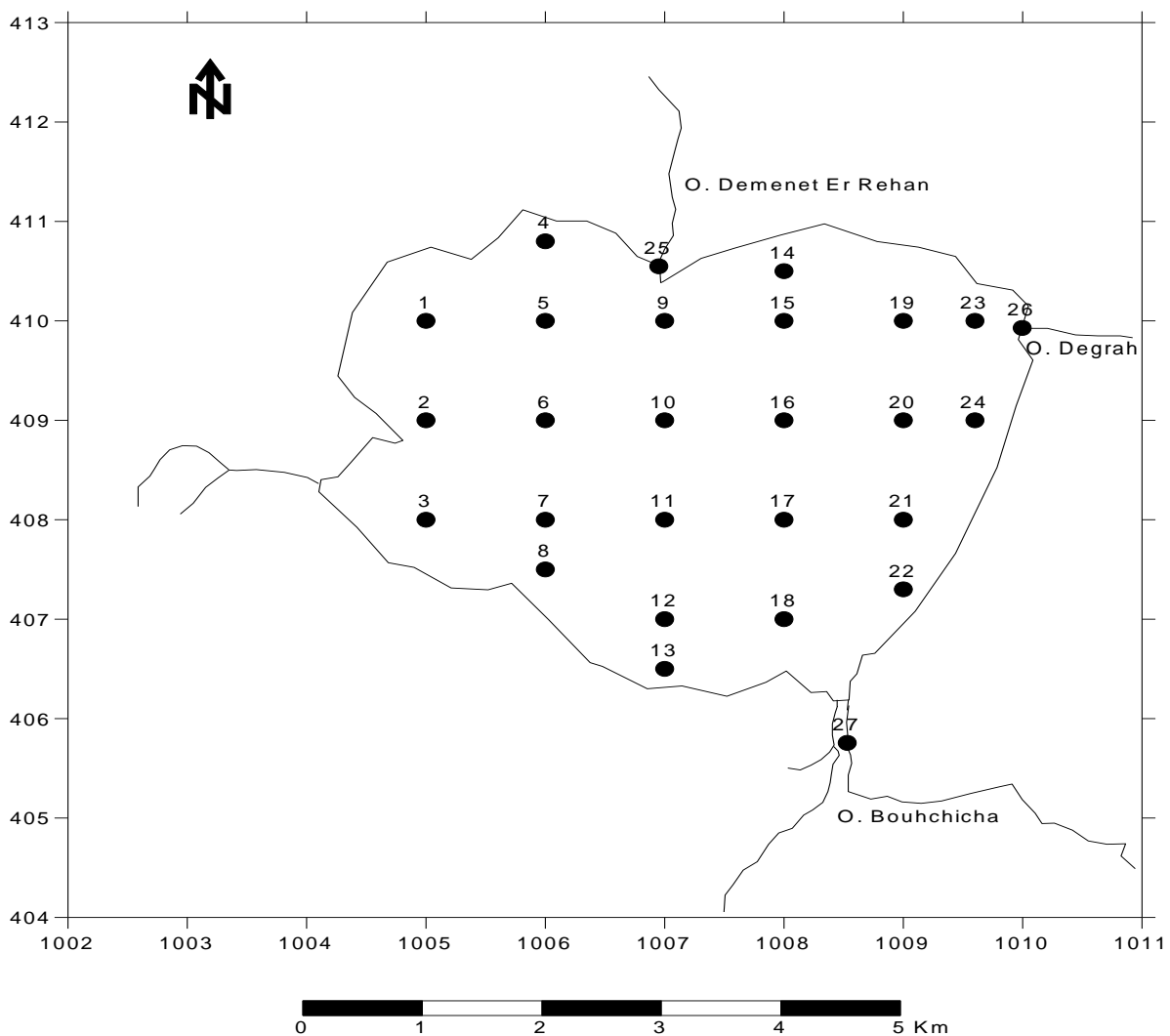


Fig.4: Carte de localisation des stations d'observations.

1.2 Période de prélèvement :

Une campagne de mesures et d'échantillonnage a été entreprise entre le 13 et le 17 Avril 2025. Les échantillons d'eau et de vase ont été prélevés au niveau des sept stations.

1.3 Technique de prélèvement :

Les mesures et l'échantillonnage d'eau ont été effectués 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.

Les échantillons d'eau destinés aux analyses physico-chimiques sont prélevés dans des flacons en plastiques .Ces flacons sont rincés à l'eau distillée et égouttés avant d'être rincés plusieurs fois et remplis par l'eau à analyser. Une fois remplis, les flacons sont fermés et étiquetés.

Les prélèvements de la vase ont été effectués le long des verticales. Les échantillons ainsi obtenus, destinés aux analyses physico-chimiques, ont été placés dans des sachets en plastiques étiquetés.

2. Méthodes d'analyses :

2.1 Mesures in situ

Les mesures réalisées in-situ sont :

- La localisation des stations de mesure et d'échantillonnage avec un GPS Garmin 72. (Photo.4)

- La hauteur de la lame d'eau et l'épaisseur de la vase avec une perche graduée.
- La conductivité électrique et la température de l'eau avec un conductimètre (HACH). (Photo.7)
- Le pH avec un pH mètre (HACH).
- L'oxygène dissous avec un oxymètre (HACH). (Photo.5)
- La turbidité avec un turbidimètre (HACH). (Photo.8)



Photo.4: GPS Garmin 72.



Photo.5: Oxymètre.



Photo.6: Prélèvement de la vase.

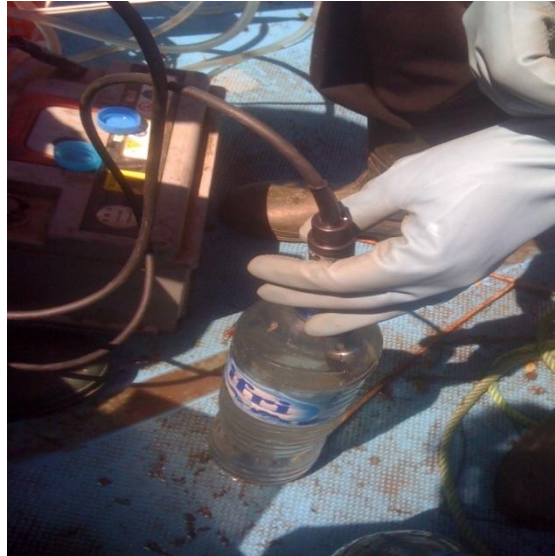


Photo.7: Mesure de la conductivité.



Photo.8: Turbidimètre.

2. 2 Méthodes d'analyse des échantillons au niveau du laboratoire:

Les analyses de sols ont été effectuées au laboratoire du sol de FERTIAL, et les analyses d'eau au laboratoire de recherche environnement littoral de l'université Badji Mokhtar (nitrates, phosphore, potassium...).

2. 2. 1 Séchage, Broyage :

2. 2. 1.1 Séchage:

On sèche les échantillons numérotés pour chaque série d'analyse dans une étuve pendant 72 heures à 40 °C (le délai peut varier, selon l'état des échantillons). On mettra les échantillons dans des flacons en série numérotés. (Photo.9).



Photo.9:Séchage de la vase.

2. 2. 1. 2 Broyage:

Après le séchage, on broie les échantillons, puis ils sont tamisés (2 mm).



Photo.10:Tamisage.

2. 2. 2 Granulométrie (Texture):

Mise en dispersion d'un échantillon tamisé à 2 mm en présence d'une solution d'examethaphosphate de sodium, la détermination des classes granulométriques se fait par densimétrie.

2. 2.3Azote total:

Minéralisation de l'azote organique par H_2SO_4 en présence d'un catalyseur de minéralisation. L'azote organique est ainsi transformé en azote ammoniacale, l'azote ammoniacal est entraîné par un courant de vapeur, refixé dans une solution H_3BO_3 , puis titré par HCl (0.2N). L'azote ainsi déterminé est généralement l'azote total. L'appareil utilisé est un appareil Foss Kjeltéc 2400. (Photo.11)



Photo.11: Dosage de l'azote par la méthode de Foss Kjeltec 2400

2. 2.4 Le phosphore:

Dosage colorimétrique du phosphore se fait après dialyse des orthophosphates. L'heptamolybdate d'ammonium et le l'antimoine trois de potassium oxyde tartrate réagissent en milieu acide pour former un complexe antimoine phosphate molybdène, ce complexe réduit par l'acide ascorbique à 40

°C prend une couleur bleu foncé. L'intensité de la coloration, proportionnelle à la concentration en orthophosphate est mesurée à 880 nm. (Photos.14)

2. 2. 5 Cations échangeables (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) :

Le dosage colorimétrique du calcium se fait à partir de l'extrait d'acétate d'ammonium qui est mélangé avec le crésol phtaléine en milieu alcalin. Le complexe est mesuré à 580 nm. Le dosage colorimétrique du magnésium, se fait après dialyse. L'extrait est mélangé avec une solution tampon est un réactif de coloration dont l'intensité est mesurée à 505 nm. Le dosage du potassium et du sodium se fait par spectrophotomètre à flamme. (Photos.12)



Photo.12: Dosage du phosphore et des cations avec le Skalar.

Chapitre 3

III. RESULTATS ET DISCUSSIONS:

Ce chapitre présente une analyse et une discussion des résultats des travaux de terrain et de laboratoire. Ce chapitre est scindé en deux parties: l'une traite les caractéristiques physico-chimiques de la vase et l'autre celles de l'eau.

1 .La bathymétrie:

La bathymétrie traduit la géomorphologie du lac. Les mesures montrent un accroissement de la profondeur des berges vers le centre (Fig.5). On en déduit que le fond est plat et régulier. La profondeur maximum du lac Oubeira, au courant du mois d'avril est de l'ordre de 2 m, au milieu du lac.

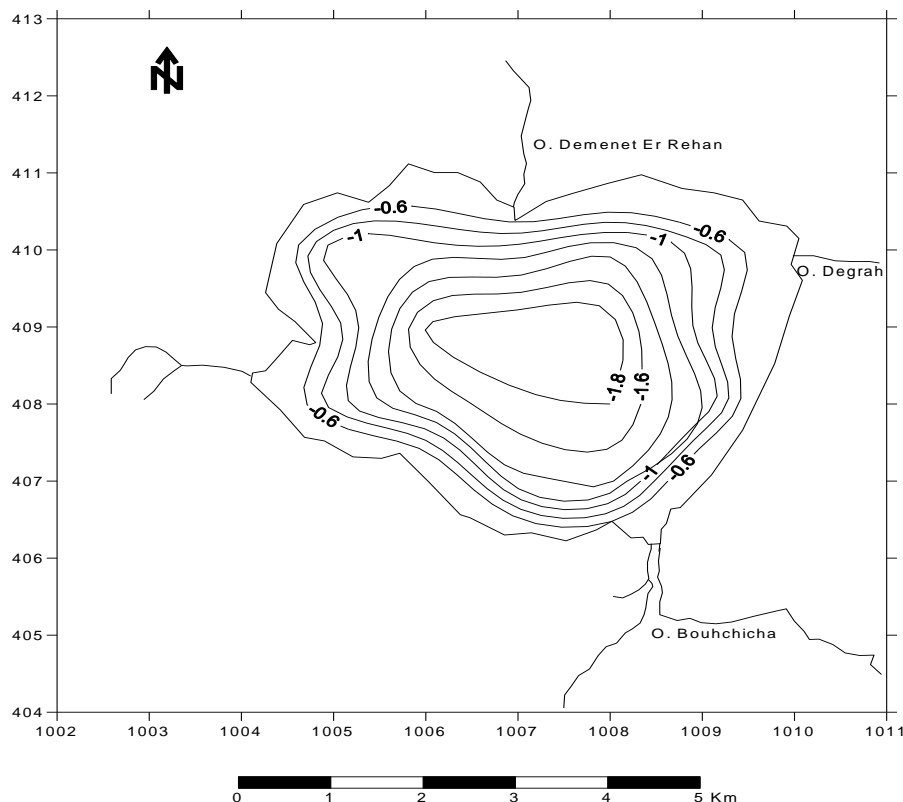


Fig.5: Carte isobathe du lac Oubeira.

2. L'envasement:

La carte en iso-épaisseur de la vase du lac Oubeira montre que le fond du lac est recouvert d'une épaisse couche de vase (Fig.6). Sa répartition spatiale est fonction de la bathymétrie. Elle atteint sa puissance maximum au centre du lac, soit plus de 2 m.

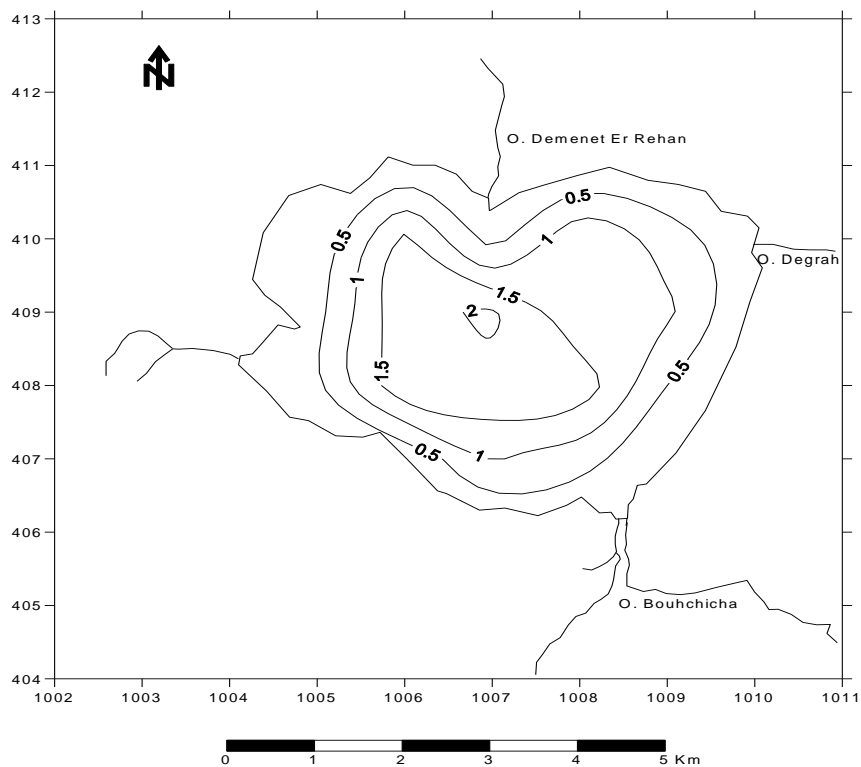


Fig.6: Carte iso-épaisseur de la vase du lac Oubeira.

3. Caractéristiques physico-chimiques de la vase :

3.1 La texture:

La texture du sol se définit par ses proportions relatives en sable, limon et argile. Selon leur texture, les sols sont décrits comme sableux, sablo-limoneux, limoneux, limono-argileux, argileux, etc. Il existe de nombreux modèles de représentation triangulaire mais le principe est toujours le même, que le triangle soit équilatéral ou rectangle (BAIZE, 2000).

On positionne la composition granulométrique selon deux des trois fractions. La troisième fraction est égale au complément à 100 % et se trouve ainsi fixée. Chaque point du triangle correspond donc à une répartition granulométrique bien définie des constituants du sol.

Les analyses granulométriques de la vase du lac Oubeira montrent que la texture varie d'un point à l'autre (Fig. 7). Les textures rencontrées sont :

- Argileuse
- Limono-argileuse
- Limoneuse
- Limono-sableuse
- Sablo-limoneuse
- Sableuse

De ces résultats il se dégage une tendance sableuse de la vase prélevée le long de la rive Est, une tendance argileuse pour les échantillons du centre et une tendance limono-sableuse pour les autres.

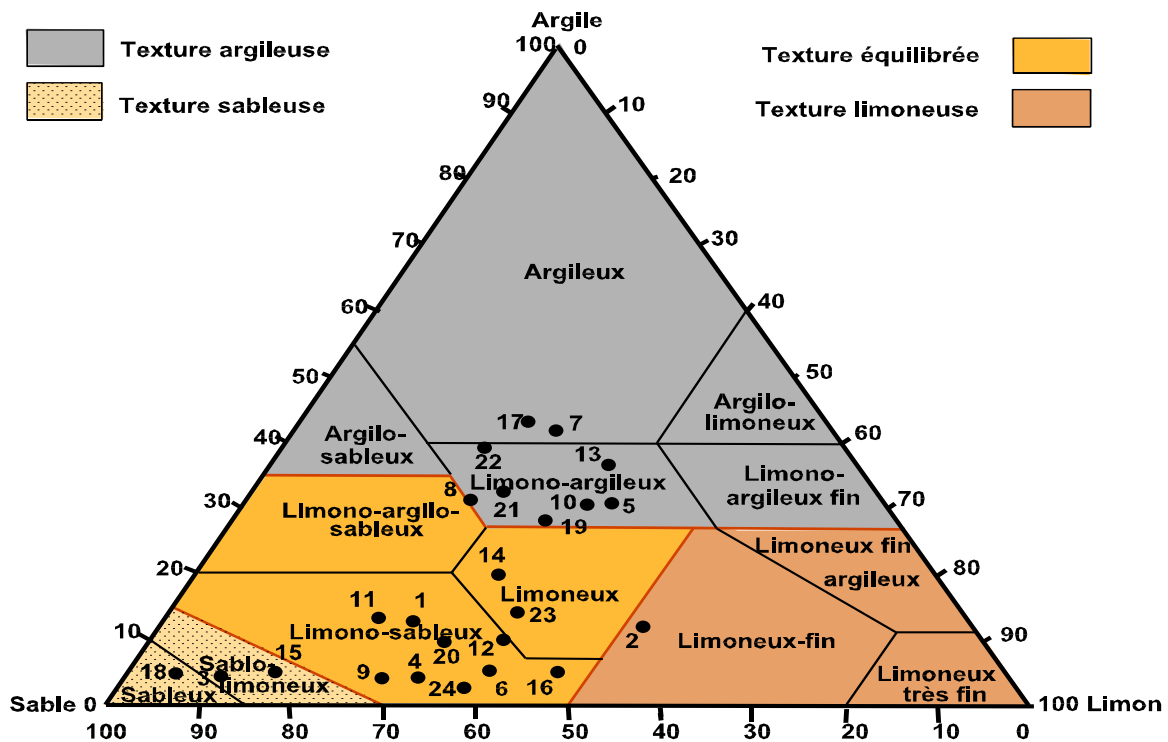


Fig.7: Texture de la vase du lac Oubeira.

3. 2 L'azote:

L'azote est un élément nutritif important pour la croissance des végétaux. Les nitrites-nitrates représentent les deux formes d'azote assimilables par les végétaux et peuvent également causer des problèmes d'eutrophisation (CLEMENT et OUIMET, 2004).

Les fortes teneurs de cet élément sont observées au niveau de toutes les stations d'échantillonnages, avec un maximum de 0.5 % au Sud du lac (Fig.8). Selon la classification consignée dans le tableau 1, la vase du lac est très riche en azote. La principale source de cet élément est la dégradation de la biomasse, les effluents et accessoirement lessivage des terres agricoles.

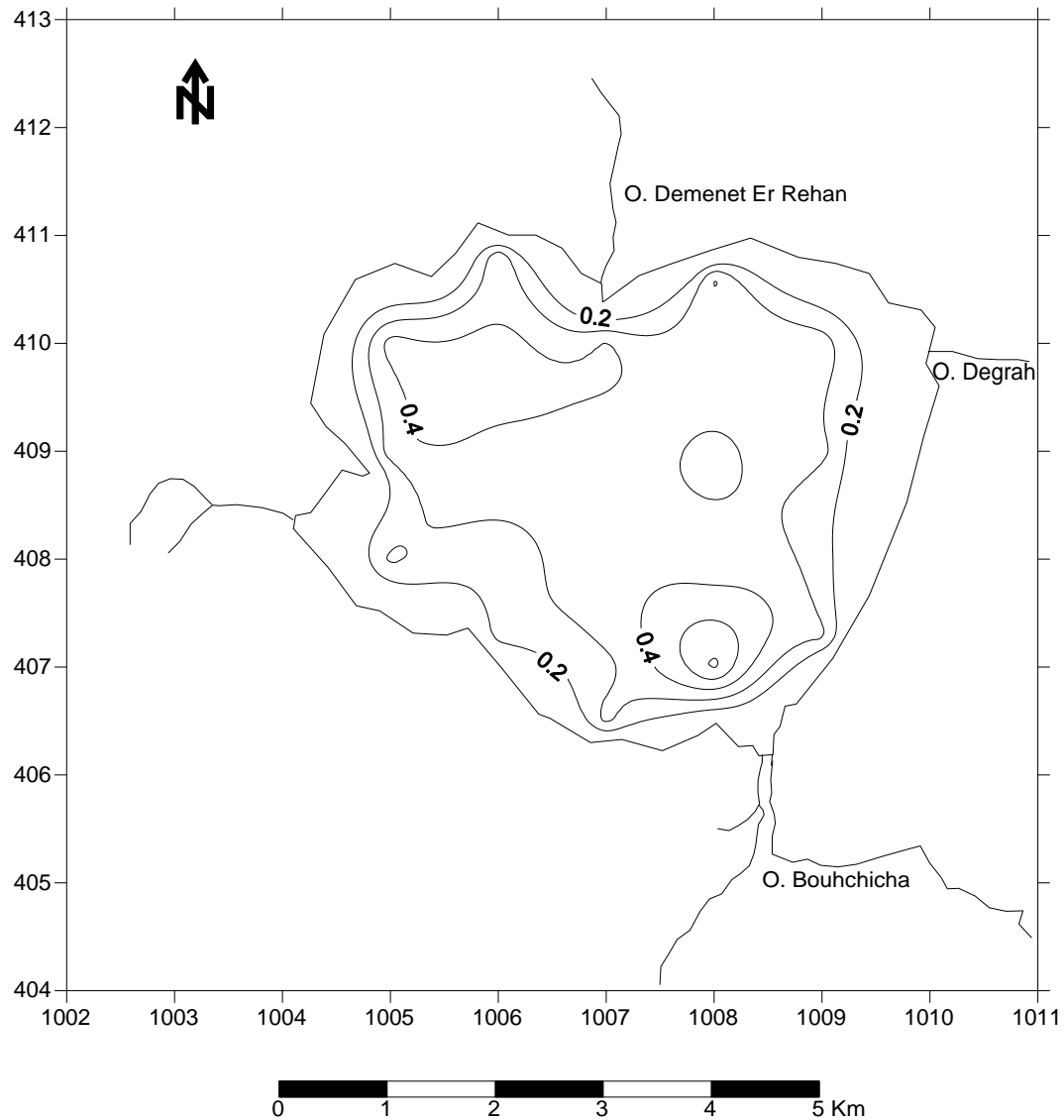


Fig.8: Carte isopléthe de la concentration en azote total de la vase du lac Oubeira.

**Tableau 1 : Classement des qualités de sols par rapport à l'azote total
(CALVET et VILLEMIN, 1998)**

La quantité d'NT	Remarque
$N < 0,05 \%$	sol très pauvre
$0,05 < N < 0,1\%$	sol pauvre
$0,1 < N < 0,15\%$	sol moyen
$0,15 < N < 0,25\%$	sol riche
$N > 0,25\%$	sol très riche

3. 3 Le phosphore:

Les formes du phosphore sont très diverses. Il peut être de nature organique ou inorganique. On le trouve à l'état particulaire ou soluble. Le phosphore est un élément nutritif essentiel à toutes les plantes et à tous les animaux. Les agriculteurs l'ajoutent aux sols sous forme d'engrais phosphatés inorganiques, de fumier et de biosolides dans le but d'améliorer le rendement des cultures. Avec le temps, l'accumulation des excédents de phosphore finit par enrichir le sol et par accroître le risque de transfert du phosphore depuis les champs agricoles jusqu'aux plans d'eau.

Dans les systèmes naturels d'eau douce, le phosphore est présent en très faible concentration, mais cette concentration peut varier considérablement en fonction de la taille du cours d'eau et des caractéristiques de l'écosystème. Les quantités excessives de phosphore dans les eaux douces de surface contribuent à l'eutrophisation des rivières et des lacs et à la prolifération des cyanobactéries, altérant la qualité de l'eau et en restreignant la consommation ou l'utilisation pour la baignade et d'autres activités récréatives (CARPENTER et COLL, 1998).

Le phosphore du sol se mesure sous 3 formes différentes :

- Le phosphore total regroupe toutes les formes du phosphore présentes dans le sol.
- Le phosphore assimilable ou biodisponible correspond au phosphore directement assimilable par les plantes.
- Le phosphore soluble présent dans la solution du sol.

Les teneurs en phosphore assimilable varient entre 2 et 5 ppm (Fig. 9). Selon la classification consignée dans le tableau 2, la vase du lac Oubeira est moyennement riche en phosphore assimilable. La principale source de cet élément est la dégradation de la biomasse, les effluents et le lessivage des terres agricoles.

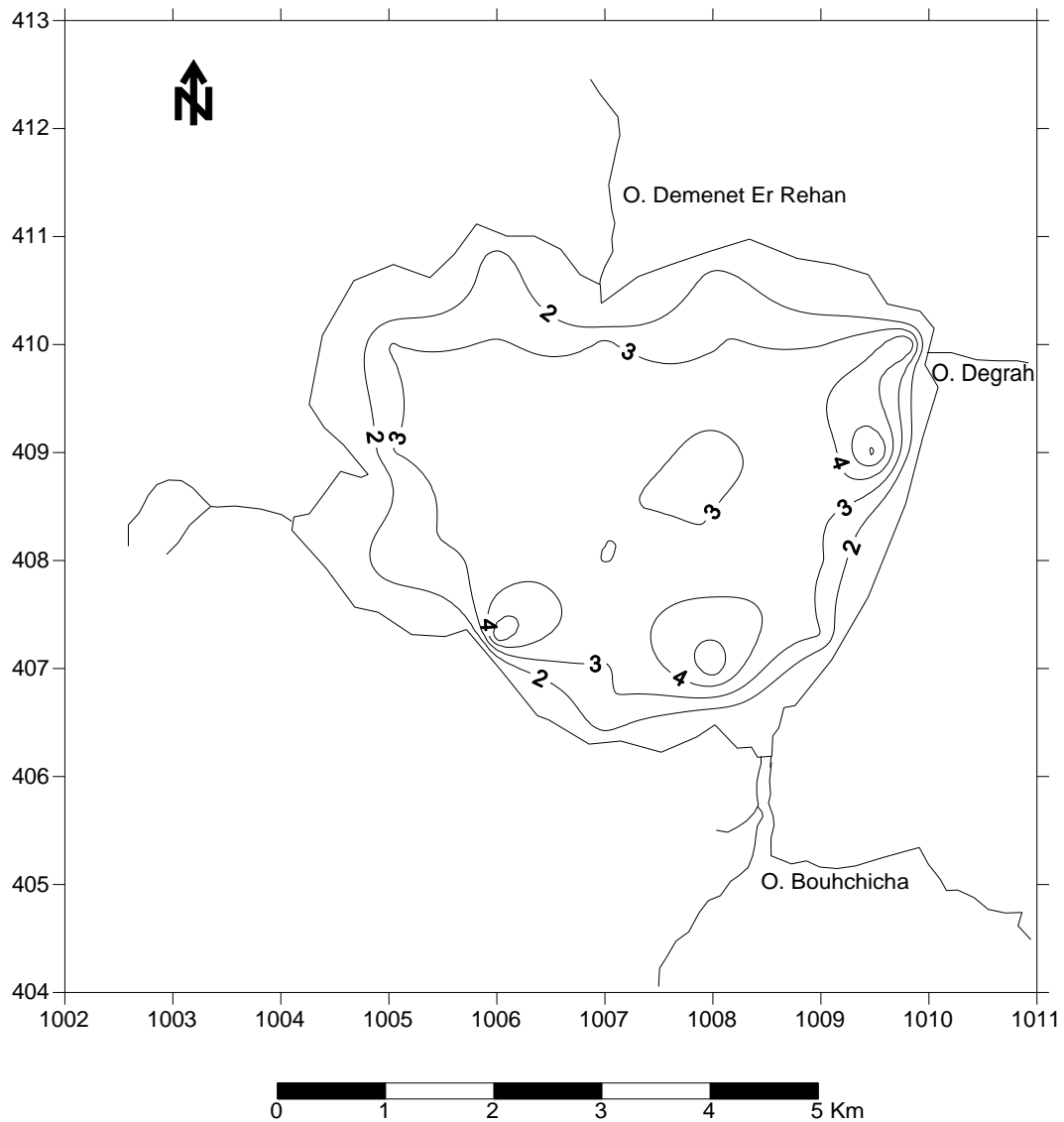


Fig. 9 : Carte isopléthe de la concentration en phosphore du vase dans le lac Oubeira.

Tableau 2 : Classement des qualités de sols par rapport au phosphore assimilable (ANONYME, 1977)

Types de sol	P ₂ O ₅ assimilable (ppm)
Sol pauvre	3
Sol moyen	3 à 8
Sol riche	8

3. 4 Le potassium :

Le potassium est absorbé par la plante sous sa forme ionique K⁺. Il est essentiel pour la Translocation des sucres et pour la formation de l'amidon. Il intervient dans la régulation osmotique et ionique. Le potassium est nécessaire pour plusieurs fonctions enzymatiques et pour le métabolisme des protéines et des carbohydate.

Dans le sol, le potassium se trouve sous quatre formes principales :

- Le potassium dans la solution du sol.
- Le potassium adsorbé.
- Le potassium à l'intérieur des réseaux cristallins.
- Le potassium non échangeable

Les fortes teneurs de cet élément sont observées au niveau de toutes les stations du lac, notamment au centre (Fig.10). Selon la classification consignée

dans le tableau 3, la vase du lac Oubeira est très riche en potassium. La principale source de cet élément ne peut pas être expliquée par le seul fait de la dégradation de la biomasse, du lessivage des terres agricoles et des effluents. Par ailleurs, l'absence d'évaporites sur les cartes de la région et les faibles concentrations en sodium plaident en faveur d'un suivi spatio-temporel de cet élément afin de déterminer son origine qui peut être lié en partie à l'érosion.

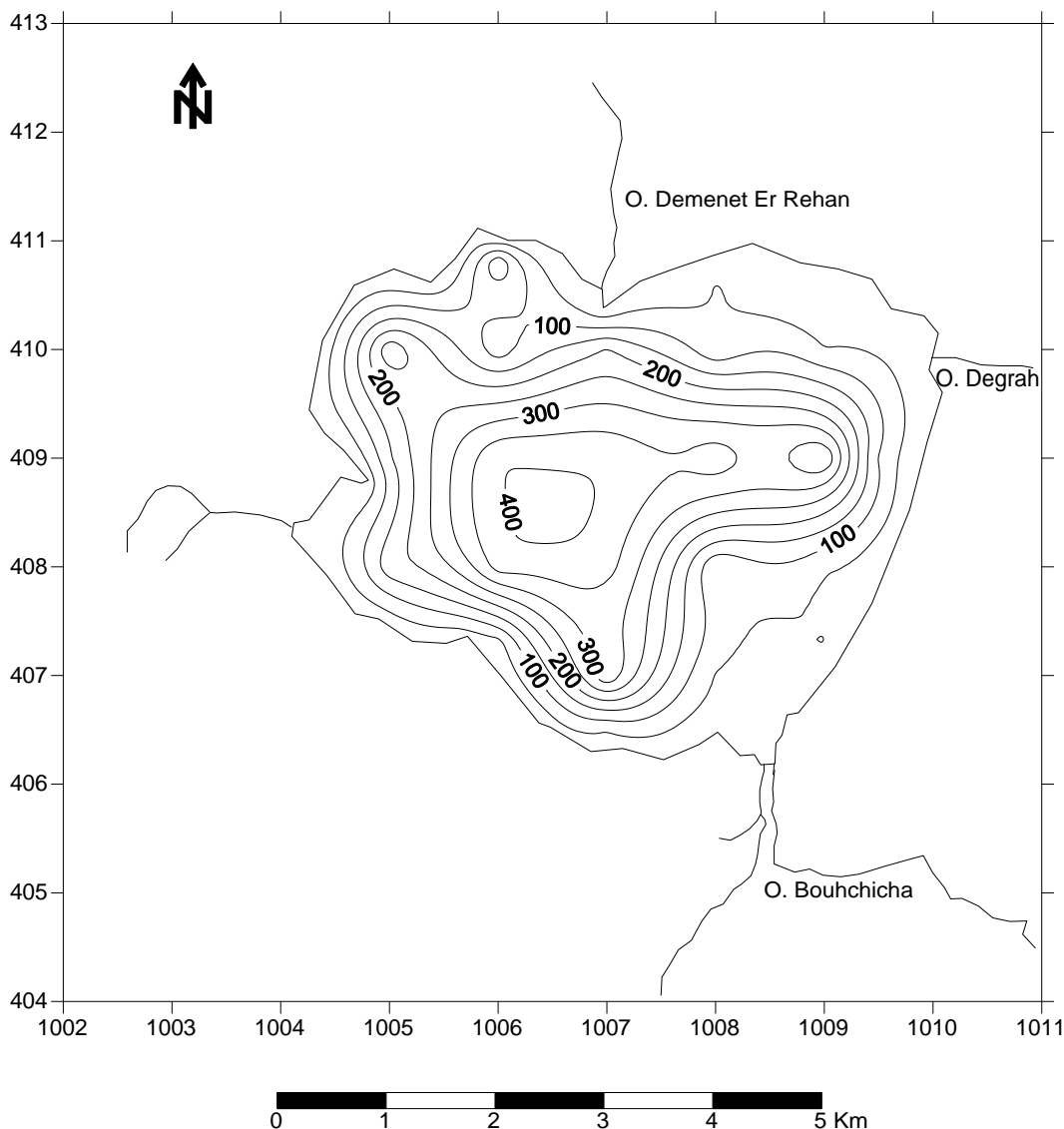


Fig.10: Carte isoplèthe de la concentration en potassium de la vase du lac Oubeira.

**Tableau 3 : Classement des qualités de sols par rapport au potassium
(MORGAN, 1977)**

Types de sol	K ₂ O (ppm)
Terres pauvres	30
Terres moyennes	30 à 50
Terres riches	50

3.5 Le calcium:

Le calcium est le cinquième élément le plus abondant dans la nature. Il s'introduit dans le système d'eau douce sous l'action de la météorisation des roches, particulièrement celle des roches calcaires, et par entraînement à partir du sol dans les eaux d'infiltration, par lixiviation et par ruissellement.

De tous les principaux cations qui contribuent à la salinité, le calcium est le plus réactif et sa concentration dans les eaux de surface varie en fonction des phénomènes chimiques et biologiques qui s'y produisent. Le calcium est un micronutriment essentiel aux végétaux supérieurs et un des éléments inorganiques de base des algues. La présence des ions de calcium dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles, soit: à la dissolution:

- à la dissolution des formations gypseuses CaSO_4
- à la dissolution des formations carbonatées CaCO_3 .

D'après les données de classement des qualités de sols par rapport au calcium (RIQUIER, 1956), l'observation de la carte d'évolution du calcium permet de constater que les stations qui sont riches en calcium sont localisées tout au tour du lac et dans le centre, tandis que les autres stations représentent une teneur moyenne en calcium.(Fig.11).

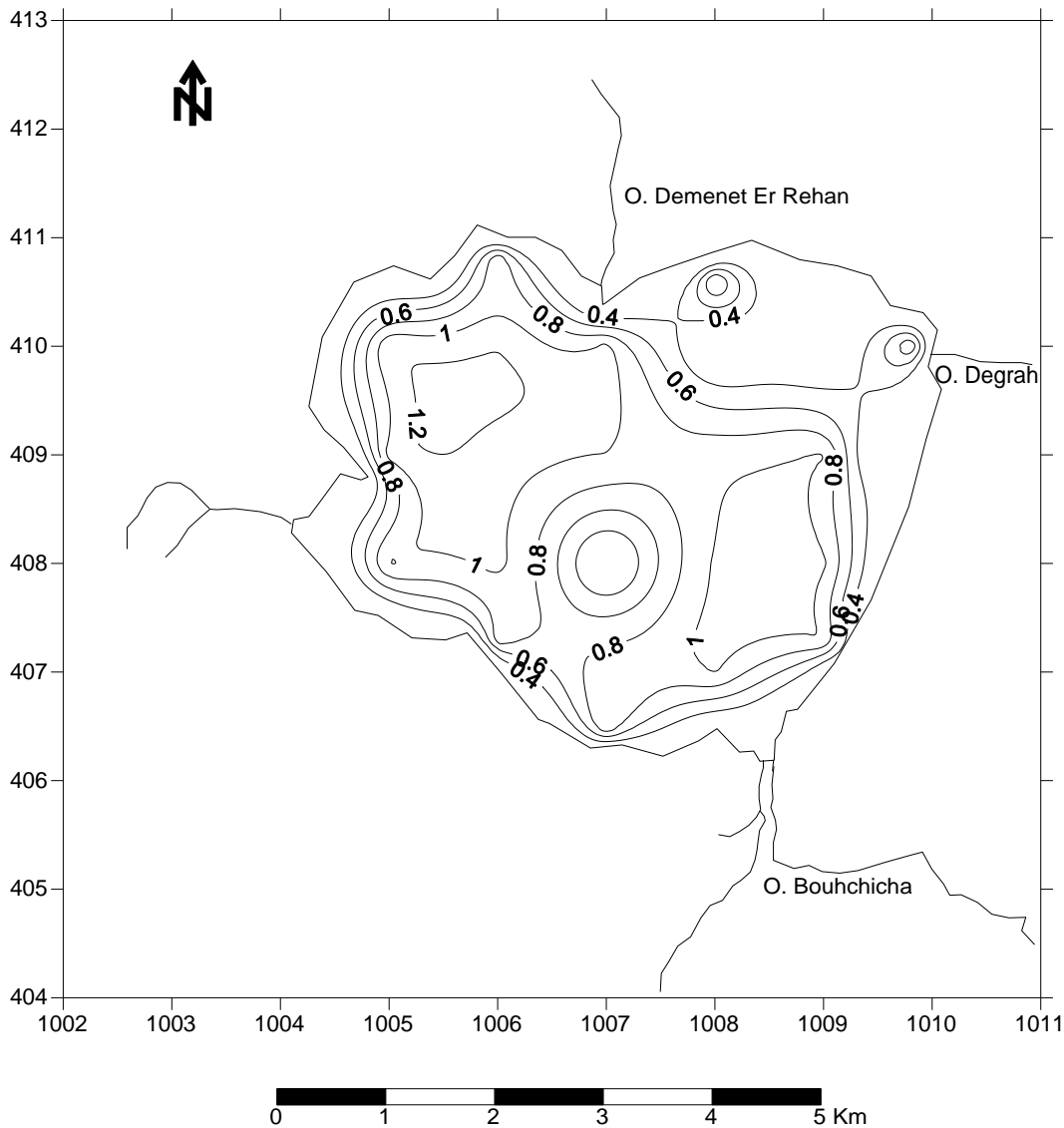


Fig.11: Carte isoplèthe de la concentration en calcium de la vase du lac Oubeira.

**Tableau 4 : Classement des qualités de sols par rapport au calcium
(RIQUIER., 1956)**

Types de sol	CaO (‰)
Sol très pauvre	0.30
Sol pauvre	0.30 à 0.65
Sol moyen	0.65 à 1
Sol riche	1 à 2
Sol Très riche	2

3.6 Le magnésium:

Le magnésium se place au huitième rang parmi les éléments naturels les plus abondants. Il constitue 2,5 % de la croûte terrestre et forme généralement des minéraux comme la giobertite (magnésite), la dolomie, l'olivine, la serpentine, le talc et l'amiante. Toutes les eaux naturelles en contiennent et il contribue largement à leur dureté. Les principales sources du magnésium contenues dans ces eaux sont les minéraux ferromagnésiens des roches ignées et les carbonates de magnésium des roches sédimentaires.

En général, les composés du magnésium sont plus solubles que les autres composés. Dans les systèmes d'eau dure, les carbonates de calcium précipitent avant les carbonates de magnésium, qui sont plus solubles. Il ne se produit aucune précipitation importante du carbonate et de l'hydroxyde de magnésium

que lorsque le pH est très élevé (>10). Le magnésium sert de micronutriment dans la transformation enzymatique des organismes. Il est essentiel aux plantes à chlorophylle, où il agit comme porphyrine pour le magnésium des molécules de chlorophylle (KLEIN, 1975). Les besoins métaboliques en magnésium sont cependant faibles par rapport à sa disponibilité dans les systèmes dulcicoles.

Les origines du magnésium sont comparables à celles du calcium, car il provient de la dissolution des formations carbonatées à forte teneur en magnésium (magnésite et les dolomites).

Cet élément est présent avec des concentrations qui varient entre 0.08 et 0.12‰. Selon l'indice (MORGAN, 1977), le lac Oubeira pauvre en magnésium. (Fig.12).

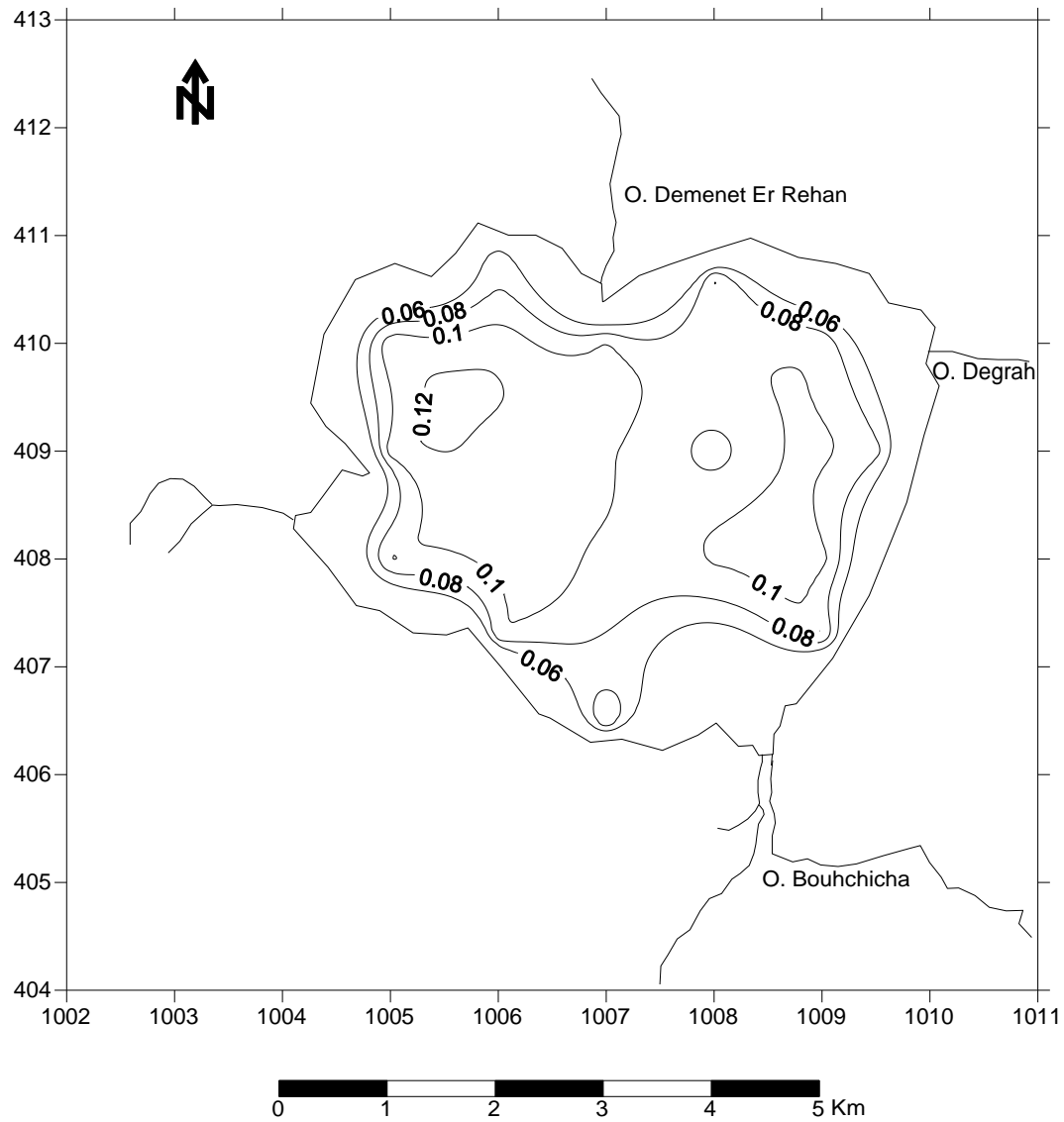


Fig.12 : Carte isoplèthe de la concentration en magnésium de la vase du lac Oubeira.

**Tableau 5 : Classement des qualités de sols par rapport au magnésium
(RIQUIER., 1956)**

Types de sol	MgO (‰)
Très pauvre	0.08
Pauvre	0.08 à 0.20
Moyen	0.20 à 0.30
Riche	0.30 à 0.60
Très riche	0.60

3.7 Le sodium:

Dans le sol le sodium ne se trouve que dans l'état lié principalement sous forme de sels.

Dans les zones à climat humide où semi-humide le sol contient peu de sodium, car il est très facilement lessivé vers les couches profondes du sol par l'eau de pluie. Le sodium se fixe moins bien à l'argile que l'ion potassium.

Dans les zones arides ou semi arides il arrive en revanche souvent qu'une accumulation de sodium trouve lieu dans les couches superficielles du sol à cause de la forte évaporation qui se produit, fait migrer l'eau dans les couches superficielles du sol. Dans ce cas, la structure du sol se détériore. Cela se répercute négativement sur le bilan hydrique et l'aération du sol. En plus, le pH s'élève de plus en plus lorsque la teneur en sodium augmente.

Bien que le sodium joue un rôle mineur dans l'alimentation de la plante en comparaison avec les éléments nutritifs potassium et le magnésium, un

amendement au sodium à un effet positif sur le rendement et la qualité des plantes Natrophiles (ex: Chénopodiacées).

Le sodium est souvent présent dans les eaux, en proportions très variables il provient :

- De l'altération des minéraux silicatés, échanges de cations avec les minéraux argileux ou des substances organiques.
- Des rejets des eaux usées, ainsi que l'épandage des engrais chimiques qui augmentent aussi les concentrations en sodium.
- Apport atmosphérique.

Les fortes teneurs de cet élément sont observées dans le centre du lac avec un maximum de 50 ppm. Les faibles concentrations se localisent au niveau des berges avec un minimum de 30 ppm.(Fig.13)

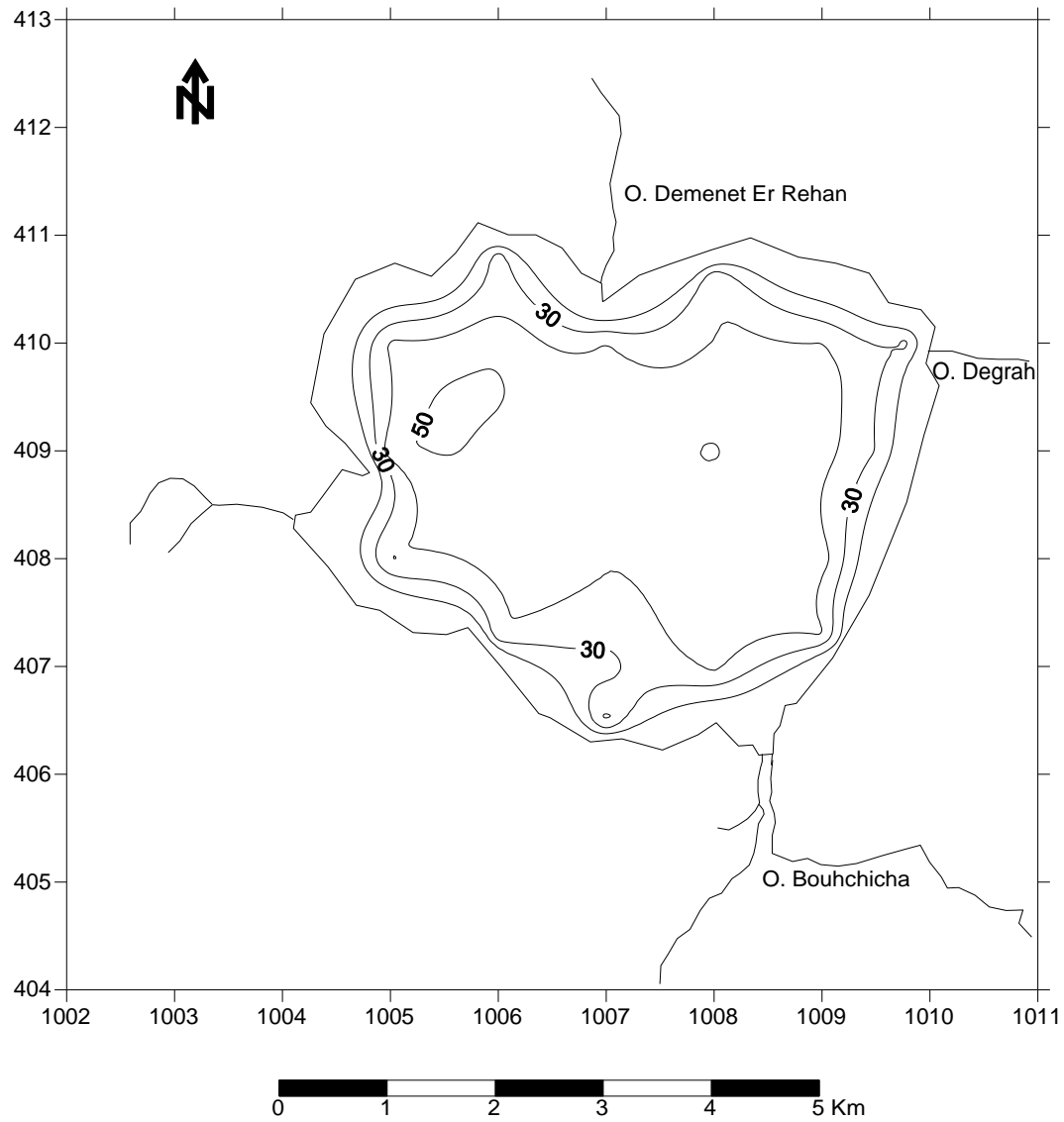


Fig.13 : Carte isoplèthe de la concentration en sodium de la vase du lac Oubeira.

3. 8 Le PH:

Le pH exprime le degré d'acidité ou de basicité d'une eau ou d'un sol.

Les valeurs de pH mesurées à différentes stations varient de 6.5 à 7.5 (Fig. 14). Selon la classification ci-dessous (Tab. 6), la vase est légèrement acides vers les berges et légèrement alcaline vers le centre.

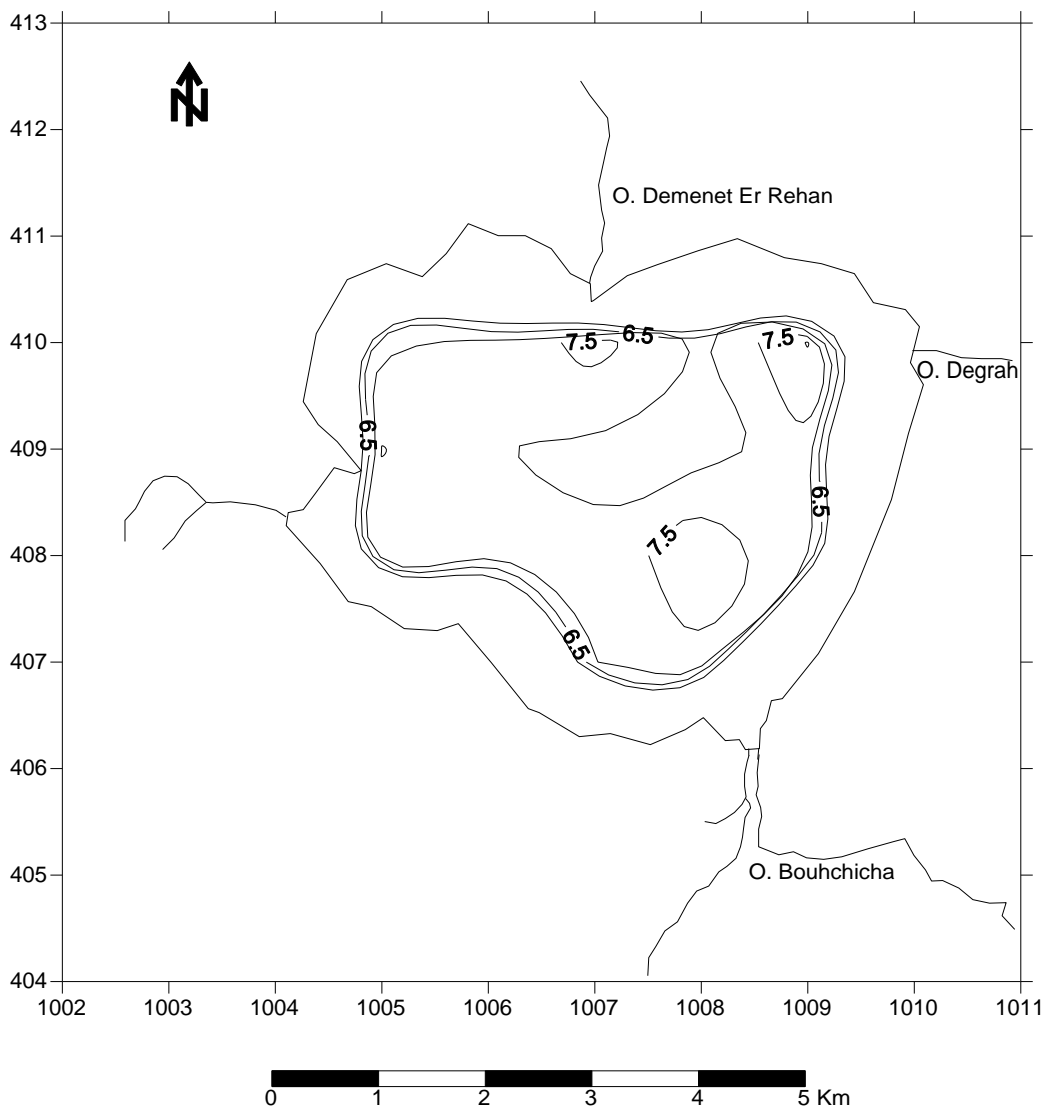


Fig.14: Carte iso-pH du de la vase du lac Oubeira

Tableau 6: Classement des qualités de sols par rapport au pH**(HAMOUNI et al, 2004)**

pH	Qualification du sol
Inférieur à 5	Fortement acide
Entre 5.0 et 5.9	Franchement acide
Entre 6.0 et 6.5	Légèrement acide
Entre 6.6 et 7	Neutre
Entre 7.4 et 7.7	Légèrement alcalin
Supérieur à 7.7	Alcalin

3. 9 La conductivité électrique:(CE):

La conductivité traduit la minéralisation totale de l'eau ou du sol. Sa valeur varie en fonction de la température. Sa mesure permet de déceler immédiatement une variation de la composition de l'eau (BOUHAOUA, 2010).

Les fluctuations de la conductivité électrique de la vase du lac Oubeira sont faibles. Elles varient entre 50 et 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Fig. 15). Ces valeurs plaident en faveur d'une vase non saline, faiblement minéralisée.

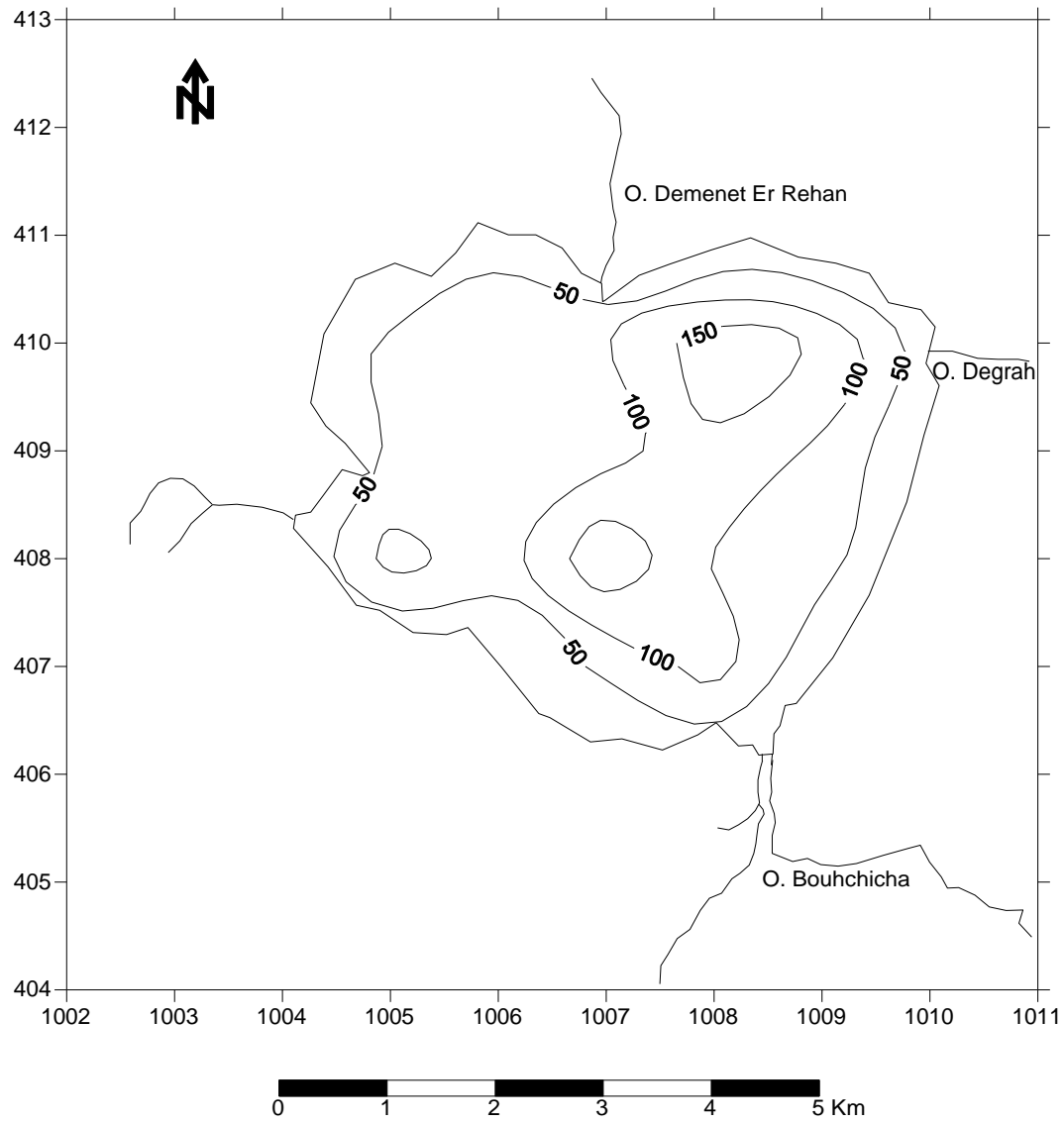


Fig.15 : Carte iso-CE du de la vase du lac Oubeira.

Tableau 7 : Echelle de salinité des sols (DURAND, 1977)

Conductivité électrique	Types de sol
$CE < 500 \mu\text{s/cm}$	Non salin
$500 < CE < 1000$	Légèrement salin
$1000 < CE < 2000$	Salin
$2000 < CE < 4000$	Très salin

4. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau :

4.1 La température:

La température est un facteur écologique important du milieu .Elle influe sur la densité de l'eau et joue donc un rôle primordial dans les phénomènes de stratification des lacs et des mers. Une élévation de la température perturbe fortement le milieu mais peut être aussi un facteur d'accroissement de la productivité biologique (GAUJOUS, 1998).

La température de l'eau joue un rôle important dans la solubilité des sels et des gaz ainsi que sur la valeur de PH. Dans cette étude, les températures observées varient de 18° C à 22 °C. La confrontation de la température du lac à celle de l'air montre une différence de l'ordre de 3 à 4°C.

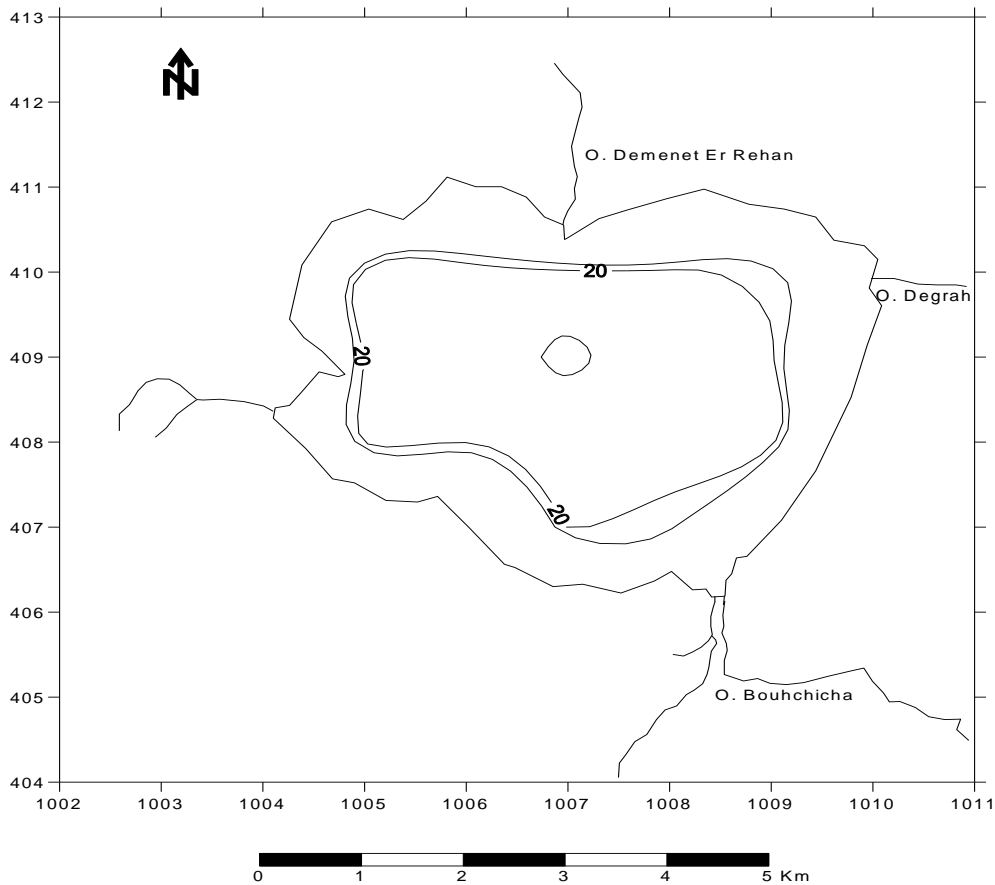


Fig.16 : Carte isotherme du lac Oubeira.

4. 2. Le pH:

Le pH mesuré au niveau des différentes stations varie entre 7 et 8 (Fig. 17). Il augmente des berges vers le centre. L'alcalinité observée est liée soit à la prolifération algale et/ou à la précipitation de carbonates.

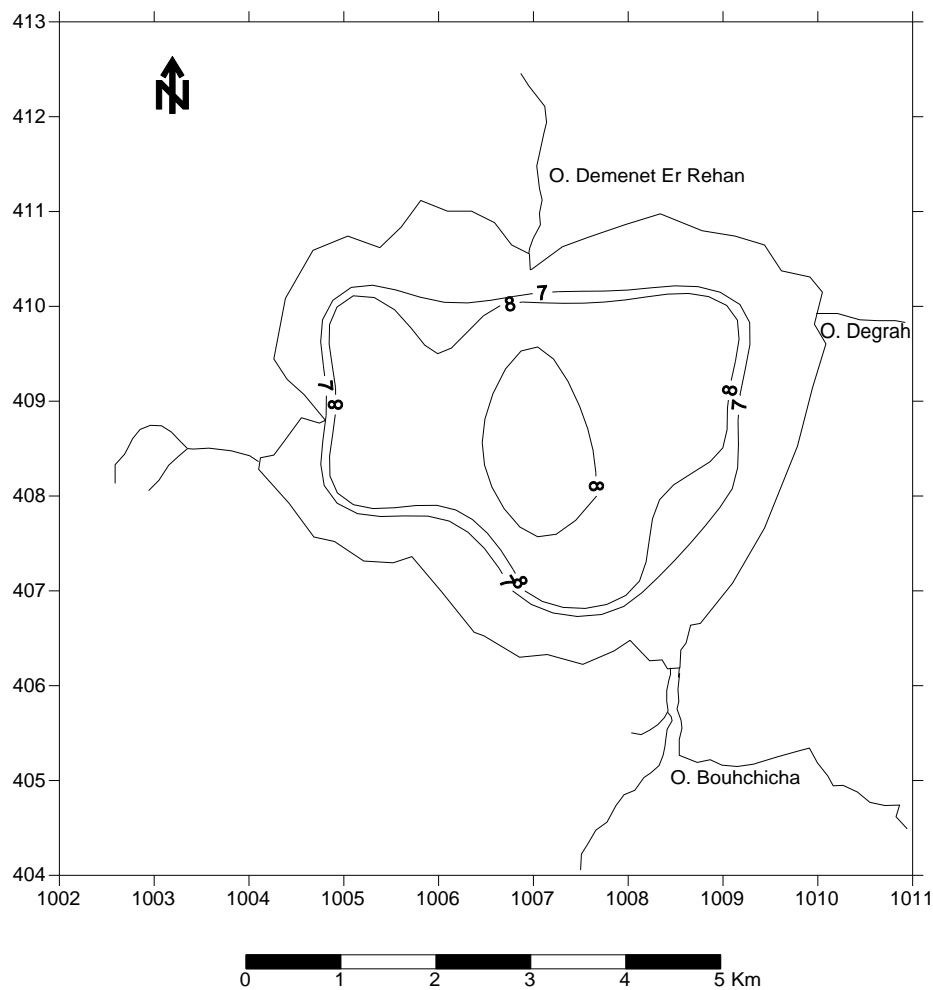


Fig.17: Carte iso-pH du lac Oubeira.

4.3 La conductivité électrique (CE):

La conductivité électrique des eaux du lac Oubeira varie entre 300 à 500 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Elle varie peu ou pas avec la profondeur. Ces valeurs plaident en faveur d'une eau douce (Fig.18).

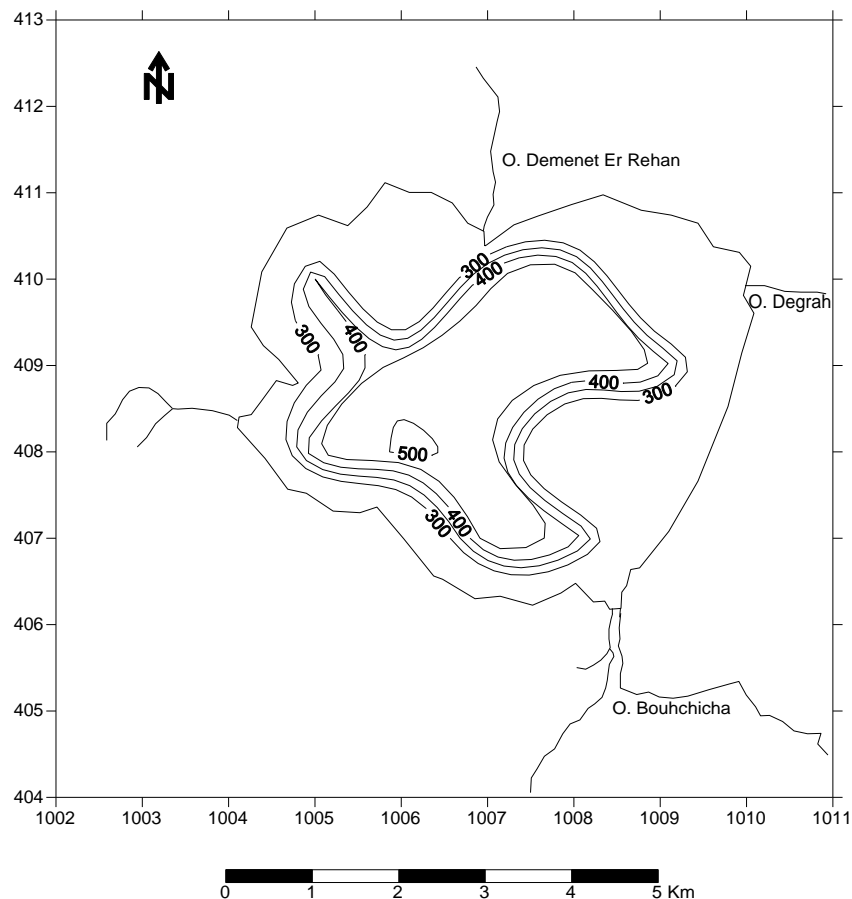


Fig.18 : Carte iso-CE du lac Oubeira

4.4 La turbidité:

La turbidité caractérise le degré de non transparence de l'eau. Elle contribue à réduire la photosynthèse et à abaisser la teneur en oxygène. Elle est due à la présence des matières en suspension finement déversées (RODIER., 1996).

La turbidité du lac Oubeira varie entre 20 et 80 NTU (Fig. 19). D'après la classification de RODIER(1996) (Tab. 8), les eaux du lac Oubeira sont des eaux légèrement troubles à troubles notamment dans sa partie Est, avec deux pics.

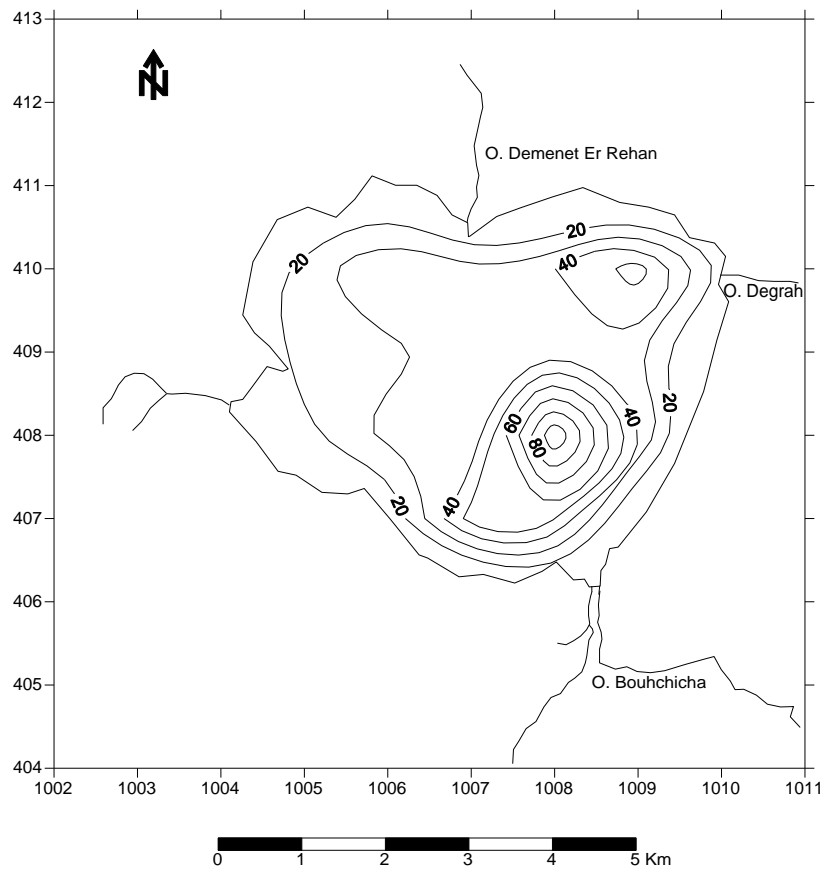


Fig. 19: Carte isoplète de la turbidité du lac Oubeira.

Tableau 8 : Classes de turbidité naturelle (RODIER., 1996)

Normes	Qualité de l'eau
NTU<5	Eau claire
5<NTU<30	Eau légèrement trouble
NTU>50	Eau trouble

* NTU : Néphéломétric turbidity unit

4.5 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 et al, 2006). Les valeurs varient entre 1 à 3mg/l.

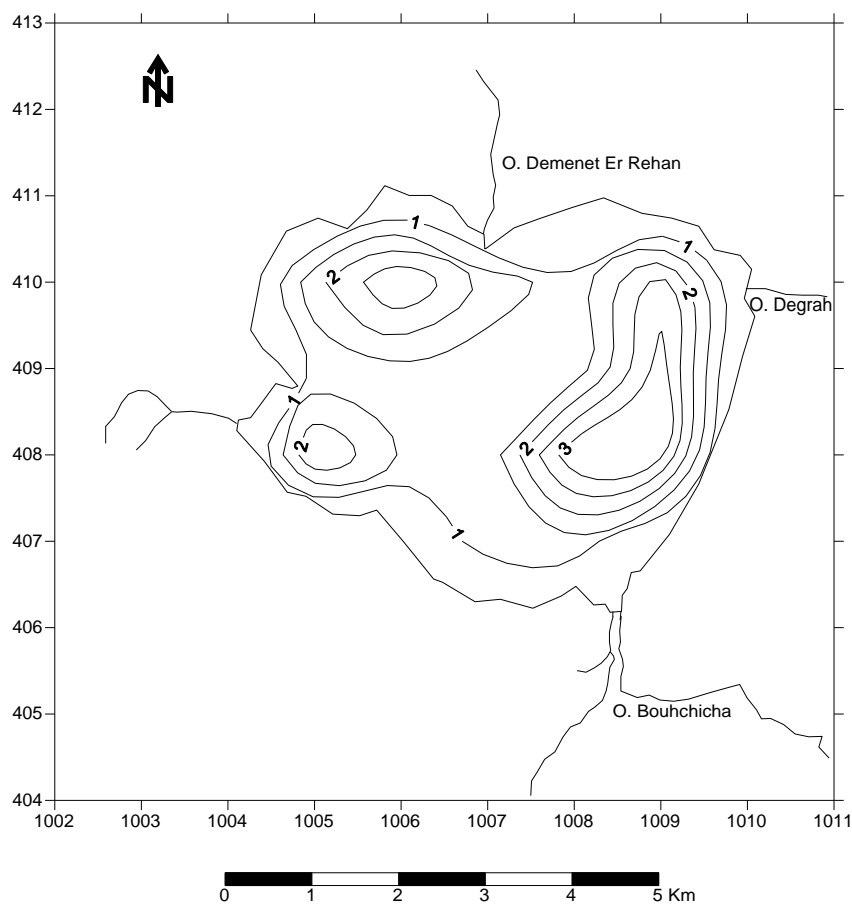


Fig.20: Carte isoplète de la concentration en oxygène dissous

5. Teneurs en N,P, K des terres cultivées :

5. 1 Activité agricole :

Les cultures recensées dans la région sont celles de l'arachide, de la pastèque et des cultures maraichères destinées à l'alimentation des familles. Pour améliorer les rendements certains agriculteurs utilisent des engrais ternaires. L'élevage pratiqué est celui des ruminants (bovins, ovins et caprins), qui est mené d'une manière traditionnelle. La race est autochtone, menée en pâturage libre.

5. 2 Analyse des terres cultivées :

Les résultats d'analyses des terres cultivées, consignés dans le tableau 9, montrent que les terres sont pauvres. D'où l'utilisation des engrais N, P, K par certains agriculteurs pour améliorer les rendements de la culture d'arachide. Par conséquent, l'agriculture de saison sèche influe peu sur la dynamique de N, P, K au niveau du lac.

Enfin, les analyses chimiques des terres cultivées de la rive Sud-est ont révélé peu ou pas de variations spatiales. Par ailleurs, la cartographie des résultats est impossible. De ce fait, ces éléments n'ont pas fait l'objet d'une interprétation fastidieuse qui serait sans intérêt.

Tableau 9: Teneurs minimales, moyennes et maximales de N, P, K des terres cultivées de la rive SE du lac Oubeira.

Variables	Azote (%)	Phosphore assimilable (ppm)	Potassium (ppm)
Minimum	0.020	1.90	13.48
Moyenne	0.045	2.49	16.1
Maximum	0.090	3.32	24.3

6. Teneurs en N,P, K de la vase des affluents du lac Oubéira :

Les principaux affluents du lac Oubéira sont par ordre d'importance :

- Bouhchicha
- Demenet Er Rehan
- Degrah

La confrontation des résultats obtenus à l'embouchure des affluents à ceux du lac Oubéira, représenté par la station 10 montrent :

* La teneur en azote la plus élevée est observée au niveau de l'Oued Bouhchicha et la plus basse au niveau de l'Oued Degrah (Fig. 21). On relève deux fois plus d'azote au niveau de l'Oued Bouhchicha qu'au niveau du centre du lac. Par conséquent; les oueds Bouhchicha et Demenet Er Rehan contribuent à l'enrichissement du lac en azote.

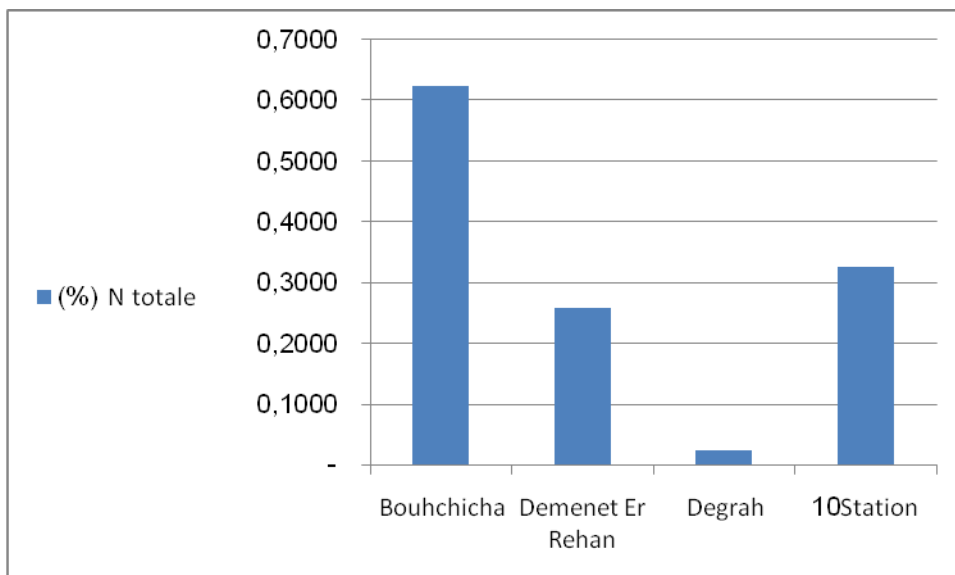


Fig. 21 : Teneurs en azote total de la vase des affluents et du lac Oubéira

* La teneur en phosphore la plus élevée est observée au niveau de l'Oued Degrah et la plus basse au niveau de l'Oued Demenet Er Rehan (Fig. 22). On constate que la teneur remarquée au sein de l'Oued Demenet Er Rehan est proche de celle mentionnée au centre du lac. Par conséquent, les oueds contribuent également à l'enrichissement du lac en phosphore.

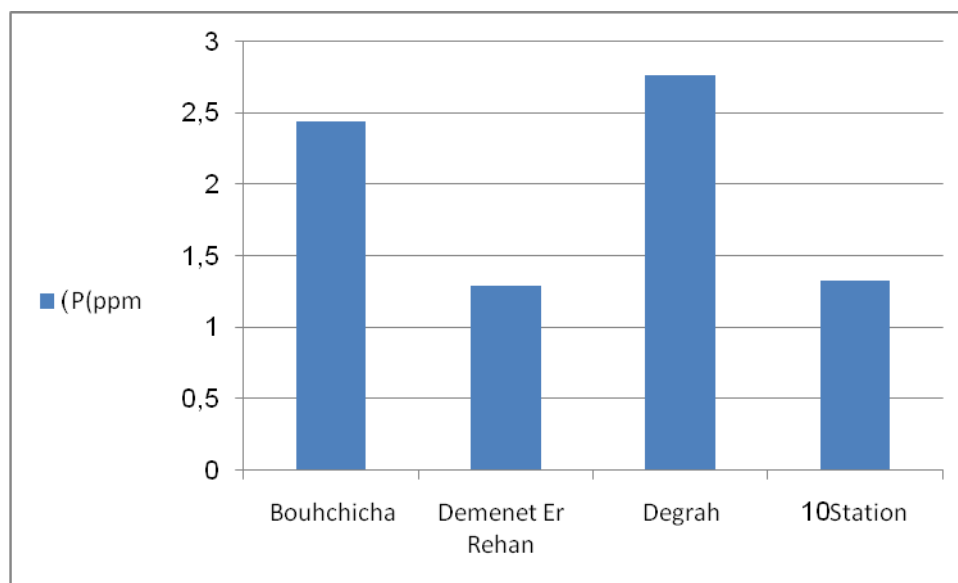


Fig. 22 : Teneurs en phosphore assimilable de la vase des affluents et du lac Oubéira

* La teneur en potassium des affluents est faible (Fig. 23) comparativement à celle du lac. Les teneurs excessives obtenues au niveau du lac sont liées au transfert solide et ne peuvent en aucun cas avoir une origine autochtone.

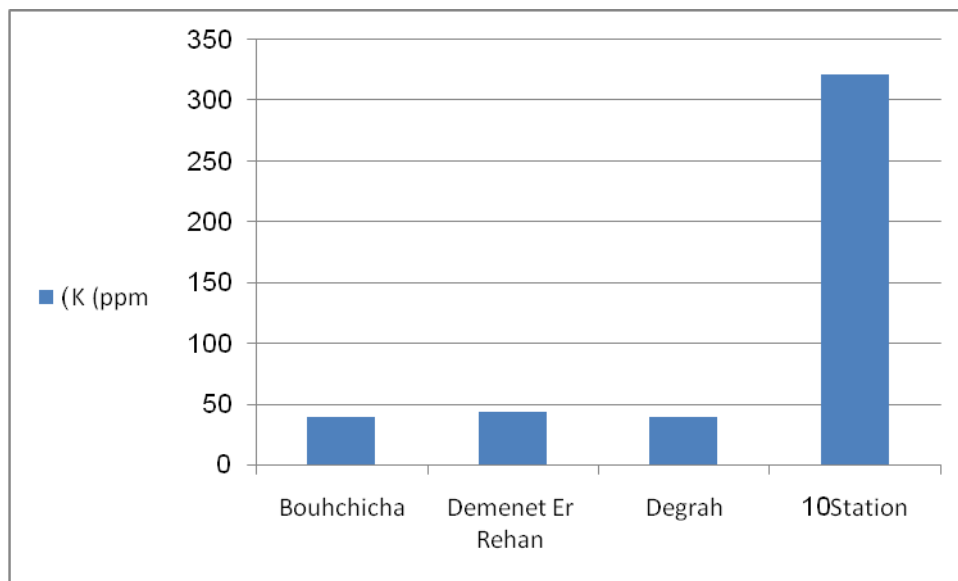


Fig. 23: Teneurs en potassium assimilable de la vase des affluents et du lac Oubéira

Conclusion

L'étude bathymétrique a révélé que le lac endoréique Oubéira d'une superficie de 21.73 km² est peu profond. La géomorphologie de la cuvette est régulière et confère au lac un fond plat, recouvert d'une épaisse couche de vase, qui peut atteindre une puissance de 2m. La colonne d'eau croît des berges vers le centre, pour atteindre une hauteur maximale de 2m (soit 4m pour le substrat), au courant du mois d'Avril (Hautes eaux).

Les analyses granulométriques ont montré que la texture de la vase a une tendance sableuse le long de la rive Est, une tendance argileuse pour les échantillons du centre et une tendance limono-sableuse pour les autres. Le pH augmente des berges vers le centre, il passe, de légèrement acide à légèrement alcalin. La conductivité électrique est faible.

Les analyses chimiques ont révélé le niveau d'enrichissement de la vase du lac, des berges vers le centre, par les éléments nutritifs (azote, phosphore, potassium, et calcium). Le transfert solide contribue notamment à l'enrichissement du lac en azote et en phosphore. Par ailleurs, on note une accumulation au centre du lac de ces éléments qui sont à l'origine de la dégradation de l'écosystème aquatique, par la prolifération d'une végétation aquatique. Un suivi spatio-temporel du potassium est nécessaire afin de déterminer la dynamique de cet élément.

Le lac ne présente pas de stratification thermique. La stratification lacustre est perturbée par la faible puissance de la colonne d'eau, la direction et l'intensité des vents violents, capables de réinstaurer une homogénéisation dans la colonne d'eau. Le pH de l'eau est alcalin. L'alcalinité observée est liée soit à la prolifération algale et/ou à la précipitation de carbonates. Les eaux légèrement troubles à troubles du lac sont douces. La conductivité électrique varie entre

300 et 500 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Leurs teneurs en oxygène dissous est étroitement liée au régime thermique du lac, les valeurs varient entre 1 à 3mg/l.

Les corrélations entre les différents paramètres de la vase et ceux de l'eau sont lâches et ne peuvent pas être exploitées. D'autres campagnes d'analyses pourront permettre de mieux cerner la relation liant les éléments dissous à ceux de la vase, afin de déterminer les équations qui les régissent. Enfin, l'envasement du lac est un problème majeur qui a long termes entraînera la modification de l'écosystème et éventuellement sa disparition. Un dragage s'impose !

Perspectives :

Ce travail préliminaire qui fait l'état des lieux de l'écosystème, dégage des résultats, qui doivent être pris en compte par la communauté scientifique. Il ouvre la voix à d'autres travaux pour mieux comprendre la dynamique des éléments et la prolifération algale, d'une part et à la mise en place d'un réseau d'observation, d'autre part. Les études particulièrement intéressantes que nous proposons à l'exploration sont :

- Le suivi spatio-temporel des caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des eaux.
- L'établissement de la relation entre les variations des paramètres physico-chimiques et la densité micro-algale pour mieux comprendre l'écologie des cyanoprocaryotes.

Références bibliographiques

Références bibliographiques:

- -AIT BELKACEM L.et DEMBRI H., (1995): Inventaire et croissance des poissons pêchés au lac oubeira, suivi d'un repeuplement. Mémoire d'ingénieur. Institut sciences de la nature. Université d'Annaba, 37p.
- ALAYAT H (1991)-Les eaux superficielles et la nappe phréatique de la plaine d'Annaba. Th. Doct. Univ. De Nancy, 382p.
- ALAYAT H. (2009)-Evolution spatiale de l'envasement du lac oubeira imposé par l'érosion (Extrême NE Algérien).colloque international sur la gestion des ressources en eau Tipaza:27 et 28 janvier 2009.
- ALAYAT H., LAMOUREUX C. (2006)- Evolution spatio-temporelle du chimisme des eaux thermo minérales des monts de la cheffia (NE algerien).Kartologia, n°48, pp.23-28.
- ALAYAT.H (2005) – La chaine Alpine d'Algérie orientale et des confins Algéro-tunisiens. Thèse de doctorat ès. Sciences naturelles, université Pierre et Marie curie (Paris VI), 2t, 665p. 199 fig., 40pl.
- BOUGUESSA., 1993-Contribution à l'étude de bioécologie des Anisoptères (Odonates) du lac oubeira (Parc national d'El Kala).Thèse Magister.Dep.Bio.Inst.Sci, nat. Univ. Annaba., 1993.
- BOUHAOUA .2010: Contribution de L'étude de la pollution de l'oued bounamoussa. Suivi physico –chimique de l'eau, 12, 13,17p.
- BOUMERZBOUR.A (1993):Ecologie et biologie de la reproduction de l'Erismature à tête blanche oxyura leucocephala et du Fuligula

nyroca sur le lac Tonga et le lac des oiseaux (Est algérienne). Mesure de production et de la gestion de lac Tonga.

- CARPENTER, S.R ., CARACO , N.F., CONELL, D.L.,
- DORIOZ J.M., TREVISAN D et VANSTEELANT J. Y., 1997. Transfert diffus de phosphore des bassins agricoles vers les lacs : impacts, ordre de grandeur, mécanismes. " L'eau dans l'espace rural". INRA (Ed). p. 249.264.
- GAUJOUS.D.1998:La pollution des milieux aquatiques. Aide mémoire .ED, la voisier technique et documentation, 218p.
- KLEIN, D.H, Fluxes, residence times and source of some elements to Lake Michigan. Water Air Soil Pollut., 4 : 3 (1975).
- MAACHI.L,(1990) – Contribution de la médecine vétérinaire dans le contrôle parasitaire en pisciculture. Cas du lac oubeira. Mémoire pour l'obtention du diplôme en médecine vétérinaire. Institut des sciences vétérinaires.
- MATMED.A, (2000)-I-Les cyanoprocaryotes dans le lac Tonga : identification génétique et étude de leur distribution. Diplôme d'ingénieur d'état en aquaculture.univ.Annaba.35pp.
- MENAIL.M., (2000)-Microalgues toxiques dans le lac oubeira.Diplome d'ingénieur d'état en aquaculture.Univ.Annaba.29pp.
- RODIER, J, 1996:L'analyse de l'eau: eau naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Edition, Dumo technique, 155p, 162, 194,200p.
- VILLENEUVE V. (2006)-Dynamique et modélisation de l'oxygène dissous en rivière.Rev. sci.Eau, géol., pp.259-274.