



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Chadli Bendjedid –El Tarf-

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie

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

Spécialité :

Agroenvironnement et bio-indicateur

THEME

**Impact des rejets urbains sur les milieux
récepteurs -Cas du Lac Oubeira-
(Parc national d'El Kala)**

Présenté par :

Chergui Fatma Zohra

Devant le jury:

Présidente: Dr. Delimi Amel	MCB	Université Chadli Bendjedid–El Tarf
Promotrice: Dr. Boumaraf Warda	MCB	Université Chadli Bendjedid- El Tarf
Examinatrice: Dr. Bergal Amira	MCB	Université Chadli Bendjedid- El Tarf

Année universitaire: 2019/2020

Remerciements

On remercie dieu le tous puissant de nous avoir donnée la santé et la volonté d entamer et de terminer ce mémoire.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de madame Boumaraf Warda, je la remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.

Mes remerciements s'adressent également aux membres du jury pour avoir accepter de me faire l'honneur d'être membre du jury et de contribuer à juger mon travail.

Merci, enfin à tous ceux et celles qui, de près ou de loin, se sont intéressés à mon travail et qui m'ont encouragé pendant toutes ces années.

Dédicaces

Louange à Dieu le Tout Puissant qui m'a donné la force la volonté de réaliser ce modeste travail que je dédie :

A mes chers parents, des gens plein d'attention et d'affection qui n'ont jamais cessé de prier pour moi merci pour l'éducation et les valeurs que vous m'avez transmises, pour les encouragements la patience et les sacrifices consentis qui m'ont permis de mener à bien mon cursus universitaire.

A mes merveilleux frères Abd El Raouf et Moahmed Achref.

A toute ma famille paternelle et maternelle Chergui et Zerdi.

Mon marié Ilyes BI je te remercie pour ton soutien inconditionnel durant toutes ces longues années d'études. Ton amour et ton affection remplissent mes jours de bonheur.

A mon petit bébé Iyed, merci pour ta présence qui me tenait compagnie, chacun de tes petits mouvements m'apportait joie et bonheur.

A tous ceux qui ont participé de près ou de loin à ma formation.

Résumé

L'objectif de notre travail a pour but d'apprécier la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux du lac Oubeira par la détermination de paramètres minéraux et organiques et des analyses physiologiques et biochimiques. Trois (03) campagnes de prélèvement ont été effectuées durant la saison hivernale de l'année 2019-2020 (novembre, janvier et mars).

L'étude hydro chimique a montré que les eaux du lac ont un pH neutre à légèrement alcalin et une conductivité électrique faible en période humide. Les résultats obtenus, concernant la variation des paramètres chimiques des eaux est sous influence des changements périodiques de la température, précipitations et évaporation. .

L'analyse bactériologique a montrée que l'eau prélevée était d'une mauvaise qualité bactériologique. Elle est donc considérée comme une eau polluée à cause de sa teneur en coliformes totaux et fécaux qui dépasse les normes recommandées par l'OMS

Mots clés : lac Oubeira, eau, conductivité électrique, coliformes totaux, analyses biochimiques

Abstract

The aim of this study is to assess the physico-chemical and microbiological quality of water in Lake Oubeira through the determination of mineral and organic parameters, physiological and biochemical analyzes. Three (03) sampling campaigns were carried out during the winter season of the year 2019-2020 (November, January and March).

The hydro-chemical study shows that the lake's water has a neutral to slightly alkaline pH and low electrical conductivity in wet weather. The results obtained, concerning the variation of the chemical parameters of water is under the influence of periodic changes in temperature, precipitation and evaporation. .

Bacteriological analysis shows that the collected water was of a poor bacteriological quality. It is therefore considered to be polluted, because of its total and fecal coliform content which exceeds the standards recommended by WHO.

Key words: Lake Oubeira, water, electrical conductivity, total coliforms, biochemical analyzes

الملخص:

الهدف من عملنا هو تقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية لمياه بحيرة الاوبيرا من خلال تحديد المعلمات المعدنية والعضوية والتحليلات الفسيولوجية والكيميائية الحيوية. نفذت ثلاث (03) حملات أخذ عينات خلال فصل الشتاء (نوفمبر ويناير ومارس) لعام 2020/2019 .

أظهرت الدراسة الهيدروكيميائية أن مياه البحيرة لها درجة حموضة محايدة إلى قلوية قليلاً وموصلية كهربائية منخفضة في الطقس الرطب. النتائج التي تم الحصول عليها ، فيما يتعلق باختلاف المعلمات الكيميائية للماء تحت تأثير التغيرات الدورية . في درجة الحرارة ، والتساقط والتبخر .

أظهر التحليل البكتريولوجي أن المياه التي تم جمعها كانت ذات جودة بكتريولوجية رديئة. ولذلك يعتبر من المياه الملوثة بسبب محتواه الكلي والبرازي القولونية التي تتجاوز المعايير التي أوصت بها منظمة الصحة العالمية

الكلمات المفتاحية: بحيرة أوبيرا ، المياه ، التوصيل الكهربائي ، القولونيات الكلية ، التحليلات الكيميائية الحيوية

SOMMAIRE

Introduction.....	01
-------------------	----

Chapitre I- Généralités sur l'eau

I.	Généralités sur l'eau	04
I.1.	Définition et intérêt de l'eau.....	04
I.2.	Importance de l'eau.....	04
I.3.	Cycle de l'eau.....	05
II.	Les différents types d'eau.....	06
II.1.	Les eaux de pluie.....	06
II.2.	L'eau de mer.....	06
II.3.	Eaux souterraine.....	07
II.4.	Eau de surface.....	07
III.	Origine de l'eau.....	07
III.1.	Principaux constituants des eaux naturelles.....	07
III.2.	Gaz dissous.....	07
III.3.	Electrolytes minéraux	08
III.4.	Composés organiques.....	08
III.	Diversité des milieux aquatiques	09
III.1.	Les eaux stagnantes	09
III.2.	Les eaux des lacs	09
III.3.	Les eaux courantes	10
III.4.	Les eaux souterraines	10
IV.	Les eaux usées.....	10
IV.1.	Les eaux domestiques	11
IV.2.	Les eaux industrielles	11
IV.3.	Les eaux agricoles	11
IV.	Pollution des eaux :.....	11
IV.1.	Généralités	11
IV.2.	Notion de la pollution	12
IV.3.	Origine de la pollution.....	13
A .	Pollution physique.....	13
B.	Pollution chimique	13
C.	Les substances chimiques dites « indésirables ».....	13
D.	Les substances chimiques toxiques	14
IV.4.	La pollution biologique :.....	14
A.	pollution organique	14
B.	La pollution microbienne	15
IVI.	les paramètres généraux.....	15
IVI.1.	Les paramètres physico-chimiques.....	15
IVI.2.	Paramètre chimique :.....	15

a-	Nitrites (NO ₂)	15
b-	Nitrates (NO ₃)	16
c-	Chlorures (Cl)	16
IVI.3	Paramètre physique :	16
d-	Température	16
e-	Conductivité électrique	17
IVI.4.	Paramètre bactériologiques	17
f-	Les coliformes fécaux	18
g-	Les streptocoques fécaux	18
h-	Les coliformes totaux	19
IVII.	Normes de la qualité des eaux	20
IVII.1	Paramètres physico-chimiques	20
IVII.2.	Facteurs microbiologiques	21

Chapitre II – Matériels et méthodes.

I.	Présentation de la zone d'étude :	23
I.1.	Le parc national d'El Kala	23
I.2.	Site d'étude :	23
I.2.1.	Caractéristiques du bassin versant lac Oubeïra :	23
I.2.2.	Paramètres de forme :	25
I.2.3.	Le réseau hydrographique	25
I.2.4.	Caractéristiques morpho-métriques du lac Oubeïra	26
I.2.4.1.	Localisation	26
I.2.4.2.	Dimensions :	26
I.2.4.3.	Bathymétrie	27
I.2.4.4.	Volume	27
I.2.5.	Les menace sur l'eau	27
I.2.5.1.	Pompage de l'eau	27
I.2.5.2.	Pollution de l'eau	27
II.	Objectif de l'étude	28
III.	Méthode expérimentale :	28
III.1.	Echantillonnage	28
III.2.	Protocole du prélèvement des échantillons	28
III.4.	Localisation et station d'échantillonnages :	28
IIII.	Analyse des paramètres physico-chimiques des eaux	29
a)-	Mesures in situ :	29
b)-	Analyses des éléments chimiques :	29
IV.	Analyse bactériologique :	30
IV.1.	Les coliformes totaux :	30
a-	Exécution du test	30
b-	Test de confirmation	30

c- Expression des résultats.....	31
IV.2. Coliforme fécaux :	31
A- Exécution du test.....	31
B- Lecture des résultats.....	31
IV. 3. Streptocoque fécaux :.....	32
1- Technique :.....	32

Chapitre III - Résultats et discussion

I. Résultats des caractéristiques physico-chimique des eaux.....	34
I-1- Paramètres physiques et physico-chimiques:.....	34
I-1.1. Température (T °C).....	34
I-1.2. Potentiel d'hydrogène (pH)	35
I-1.3. Conductivité électrique (CE).....	36
I.2. Paramètres chimiques	37
I.2.1. Les Chlorures (Cl ⁻).....	37
I.2.2. Les Nitrites (NO ₂ ⁻).....	38
I.2.3. Les Nitrates (NO ₃ ⁻).....	39
II. Etude microbiologique des eaux.....	40
II.1. Coliformes totaux :.....	40
II.2. Coliformes fécaux :.....	41
II.3. Streptocoques fécaux :.....	42
III. Discussion :.....	45
Conclusion.....	45

Références Bibliographiques

Liste des figures :

- Figure 01 - Cycle de l'eau (Encarta, 2012)
- Figure 02 - Les coliformes fécaux
- Figure 03 - streptocoques fécaux
- Figure 04 - Les coliformes totaux
- Figure n° 05 - Localisation du Parc National d'El Kala (*in Boumaraf, 2018*).
- Figure n°06 - Bassin versant des lacs Oubeïra et Tonga.
- Figure n°07 - Réseau hydrographique du bassin versant du lac Oubeïra (1/50 000^e) (BNEDER, 2004).
- Figure n°08 - Localisation de les stations d'échantillonnages du le lac Oubeira.
- Figure n°09 - Variations spatio-temporelles de la température de l'eau du lac Oubeira.
- Figure n°10 - Variations spatio-temporelles du pH de l'eau du lac Oubeira.
- Figure n°11- Variations spatio-temporelles de la conductivité électrique de l'eau du lac Oubeira.
- Figure n°12 - Variations spatio-temporelles de la concentration enchlorure de l'eau du lac Oubeira.
- Figure n° 13 - Variations spatio-temporelles de nitrite de l'eau du lac Oubeira.
- Figure n°14 - Variations spatio-temporelles du nitrate de l'eau du lac Oubeira.
- Figure n°15 - Variations des coliformes totaux de l'eau du lac Oubeira.
- Figure n°16 - Variations des coliformes fécaux de l'eau du lac Oubeira.
- Figure n°17 - Variations des streptocoques fécaux de l'eau du lac Oubeira.

Liste des tableaux

Tableau N1° : les paramètres physicochimiques selon l'OMS et le journal officiel algérien

Tableau N°2 : facteurs microbiologiques selon l'OMS et le journal officiel algérien

Introduction

INTRODUCTION

L'eau constitue un élément essentiel dans la vie et l'activité humaine. C'est une composante majeure des mondes minéral et organique. Dans le monde présent, l'eau participe à toutes les activités quotidiennes notamment, domestiques, industrielles et agricoles ce qui la rend un élément récepteur exposé à tous les genres de pollution..

La qualité des eaux a connu ces dernières années, différents problèmes à cause des rejets industriels non contrôlés, l'utilisation intensive des engrais chimiques dans l'agriculture ainsi que l'exportation excessive des ressources en eau. Ces derniers produisent une modification chimique des eaux et la rendent impropre au usage souhaités et la grande majorité des lacs devient de plus en plus eutrophes (**Boulahya, 2004**).

Les pressions exercées par les hommes sur le milieu naturel sont de plus en plus importantes, ce qui entraîne d'année en année, un risque de dégradation accrue, de la qualité de notre environnement. Le domaine de l'eau est un milieu particulièrement sensible au milieu en pression anthropique puisque ces principalement par l'eau que s'effectuent la collecte et le transfert de la substance au composé polluant dans l'environnement (**Devidal, 2007**).

Les zones humides représentent les milieux les plus productifs au monde. Elles sont caractérisées par une forte productivité biologique qui est à l'origine d'une importante production agricole traditionnelle (pâturage, élevage, rizières, exploitation forestière, roseaux...), piscicole (pêches, piscicultures)... leur importance repose aussi sur leur rôle dans la régulation des ressources en eau, au niveau de la recharge de la nappe phréatique, et la protection contre les inondations (**Boumaraf, 2018**).

Le lac Oubeïra est un écosystème aquatique qui appartient à un ensemble biogéographique, exceptionnel par sa diversité biologique. Le site étudié est un écosystème aquatique répertorié dans le registre très élaboré des zones humides. Les lacs du fait qu'ils constituent le réceptacle des eaux de pluie qui lessivent leurs bassins versants et des eaux usées des populations riveraines, ont suscité un intérêt particulier quant à la relation entre les niveaux d'eutrophisation et les diverses activités qui se développent tout autour. Ce lac est en effet, la principale ressource pour l'irrigation des cultures ; les terres agricoles sont irriguées avec de l'eau du réseau hydrographique. L'accroissement et l'extension des activités agricoles entraînent à terme une baisse des quantités d'eau qui vont vers le lacs. De la même manière, la qualité des eaux est subordonnée au volume des fertilisants employés par les agriculteurs. La

fertilisation est utilisée pour les arachides et les cultures maraîchères, qui sont parmi les principales spéculations agricoles de la région.

Suite à une pollution, une recolonisation du milieu par des espèces opportunistes tolérantes aux pollutions peut également survenir. Enfin, au niveau de l'écosystème, une possible disparition d'espèces, une biodiversité réduite et des modifications de dominance entre les populations sont les principaux impacts qui peuvent survenir et modifier le fonctionnement global de l'écosystème. Ainsi la diminution de l'abondance des consommateurs par rapport à celle des producteurs affecte les relations de dominance dans ces peuplements et peut à terme déséquilibrer l'écosystème (**Céline Chouteau, 2004**)

De ce fait, ce travail a pour objectif d'apprécier la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux du lac Oubeira sur quelques paramètres physiologiques et biochimiques dans la région du Parc national d'El Kala.

Afin d'atteindre cet objectif, nous suivons au niveau du manuscrit la démarche suivante :

- Le premier chapitre est consacré à des généralités sur l'eau.
- Le deuxième chapitre est essentiellement réservé à la présentation des sites d'étude ainsi que la description du matériel et méthodes utilisés pour les analyses des eaux.
- Le chapitre trois est consacré aux résultats obtenus et leur discussion, l'étude physico-chimique bactériologique des eaux du lac Oubeira.
- Enfin, une conclusion générale et les perspectives.

CHAPITRE I. GENERALITES SUR L'EAU

CHAPITRE I. GENERALITES SUR L'EAU

I. Généralités sur l'eau

I.1. Définition et intérêt de l'eau

L'eau est une matière très importante pour la survie des êtres vivants. C'est un composé incolore, inodore, insipide et liquide à température ordinaire. L'eau est un corps composé résultant de la combinaison de deux atomes d'hydrogène et un atome d'oxygène de formule H_2O . Elle bout à la température de $100^{\circ}C$. 1 cm^3 à $4^{\circ}C$ pèse sensiblement 1g

Le corps humain contient principalement de l'eau puisqu'un adulte sain de 70 Kg présente une proportion de 45 litres. La teneur moyenne en eau décroît au cours de la vie de 97% chez le fœtus de 2 mois, elle tombe à 65% chez l'adulte et à 55% chez le vieillard. Le bilan hydrique quotidien comporte la comparaison entre la perte cutanée, pulmonaire, fécale et les entrées alimentaires. L'eau représente également le constituant le plus abondant dans la plupart de nos aliments à l'état naturel. D'autre part c'est un élément essentiel dans la vie humaine.

I.2. Importance de l'eau

L'eau est partout présente dans la nature. C'est un liquide incolore, inodore, sans saveur, de pH neutre et c'est un excellent solvant entrant dans la composition de la majorité des organismes vivants.

L'eau est le principal constituant du corps humain. La quantité moyenne d'eau contenue dans un organisme adulte est de 65 %, ce qui correspond à environ 45 litres d'eau pour une personne de 70 kilogrammes. L'organisme élimine en permanence de l'eau. En fin de digestion la plus grande part de l'eau traverse les parois de l'intestin pour aller rejoindre le sang et la lymphe, qui la transportent dans tout l'organisme, notamment vers les reins, la peau et les poumons ; elle sera ensuite éliminée de diverses manières (urine, sueur, expiration). L'homme doit donc chaque jour subvenir à ses besoins en eau, en buvant, mais aussi en mangeant car les aliments en contiennent beaucoup. Pour maintenir l'organisme en bonne santé, les pertes en eau doivent toujours être compensées par les apports. La soif est d'ailleurs un mécanisme par lequel l'organisme " avertit " qu'il est en état de déshydratation.

I.3. Cycle de l'eau

La masse d'eau totale de l'hydrosphère n'évolue pas au cours des années, elle reste toujours constante : l'eau s'évapore, forme la vapeur d'eau qui, en se transformant en pluie, va alimenter les mers, les océans et les nappes souterraines. On peut appliquer au cycle de l'eau la fameuse phrase de Lavoisier : «Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme»

L'eau change d'état au cours de son cycle, passant de l'état gazeuse à l'état liquide ou à l'état solide. Cependant, sa qualité globale est restée inchangée depuis trois milliards d'années, date de son apparition sur terre dans l'atmosphère, l'eau est surtout présente à l'état de vapeur. Puis sous l'effet du refroidissement, l'eau passe de l'état de vapeur à l'état liquide. Cette eau liquide est rentrée dans les nuages puis dans les précipitations. Une fois que l'eau a atteint le sol, son cycle va se dérouler de façon essentiellement liquide. Seule, une toute petite partie de cette eau est en mouvement, la grande majorité étant stockée dans les nappes souterraines. Une partie de l'eau est utilisée par les plantes, le reste est drainé vers les rivières ou dans les nappes. Les racines des plantes vont capter l'eau, qui s'évaporerait ensuite par le système de transpiration des feuilles. Cette transpiration constitue de la vapeur d'eau. De la même façon, les lacs, les océans, vont évaporer une partie de leur eau. La somme des évaporations, soit $500\,000 \text{ km}^3/\text{an}$, est toujours égale à la somme des précipitations. Or, sur les continents, les précipitations sont supérieures de $40\,000 \text{ km}^3/\text{an}$ à l'évaporation. Sur les océans, de façon à ce que le cycle de l'eau soit équilibré. Le moteur de ce cycle est le soleil, ou plus exactement l'énergie solaire qu'il dégage. En effet, c'est cette dernière qui entraîne les changements d'état de l'eau : la formation et la fonte des glaces, ou encore l'évaporation de l'eau et son élévation dans l'atmosphère (Fig.1)

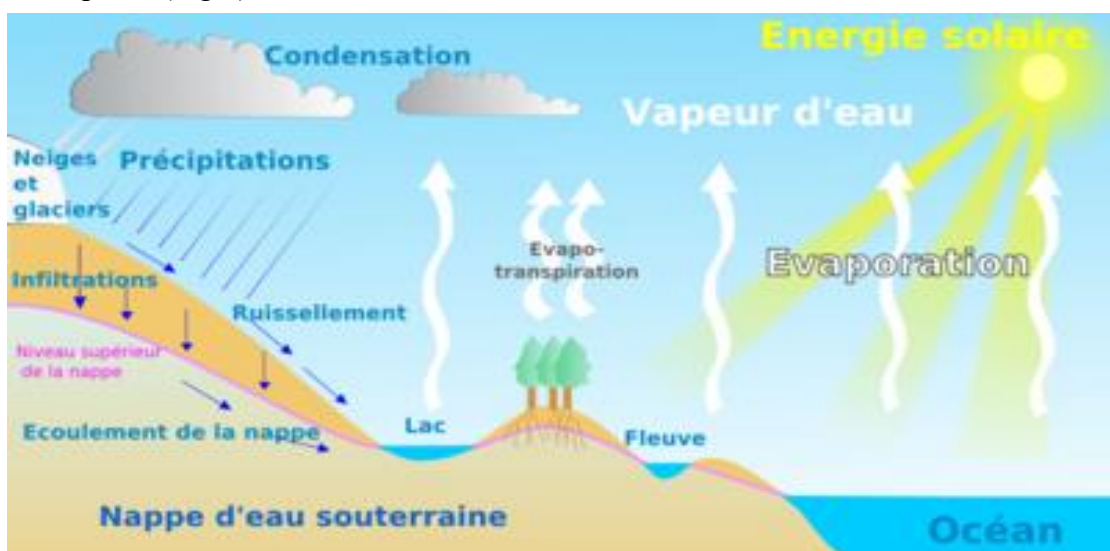


Figure 01 : Cycle de l'eau

II. Les différents types d'eau

L'homme à recours généralement, pour satisfaire ses propres besoins en eau et permettre son usage dans ses diverses activités industrielles et agricoles, à quatre types de ressources naturelles :

II.1. Les eaux de pluie

Les eaux de pluie peuvent être considérées comme les eaux naturelles les plus pures. Elles renferment des particules, des poussières et des gaz dissous. Les eaux de pluie peuvent être contaminées par des poussières atmosphériques.

II.2. L'eau de mer

Elle constitue la majeure partie des réserves d'eau du globe. Cependant à cause de sa forte salinité, on l'utilise rarement pour produire de l'eau potable. La mer aussi n'échappe pas à la pollution.

II.3. Eaux souterraines

Les eaux, qui ne se sont ni évaporées ni retournées à la mer par ruissellement, s'infiltrent dans le sol et le sous-sol et s'y accumulent pour constituer les eaux souterraines. La pénétration et la rétention des eaux dans le sol dépendent des caractéristiques des terrains en cause et notamment de leur structure qui peut permettre la formation de réservoirs aquifères appelés nappes.

II.4. Eau de surface

Les eaux de surface sont des eaux qui circulent ou qui sont stockées à la surface des continents. Elles ont pour origine, soit des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit les eaux de ruissellement.

III. Origine de l'eau

L'eau utilisée pour les besoins humains a pour origine première l'eau de pluie. Cependant, la pluie qui tombe sur le sol se partage en diverses fractions suivant des proportions variables :

- une partie retourne dans l'atmosphère sous forme de vapeur par évaporation du sol ou transpiration des végétaux ;
- une autre partie ruisselle à la surface du sol et contribue à l'alimentation des ruisseaux et des rivières ;
- le reste, la plus faible fraction, pénètre dans le sol par infiltration et contribue à

L'alimentation des nappes profondes des sources, et dans certaines conditions des rivières.

III.1. Principaux constituants des eaux naturelles

Les substances présentes dans les eaux naturelles sont soit en solution vraie, soit en solution colloïdale soit en suspension plus ou moins fine.

III.2. Gaz dissous

En contact avec l'air, l'eau naturelle peut dissoudre les gaz de l'atmosphère. Le transfert de ces gaz à l'interface eau-air est influencé par leur proportion dans l'atmosphère, leur solubilité et la température. La solubilité des gaz dans l'eau diminue lorsque la température augmente. Ces gaz dissous sont généralement l'oxygène (O_2), le gaz carbonique (CO_2), et l'azote (N_2).

III.3. Electrolytes minéraux :

Ce sont des anions et des cations en solution ainsi que des sels ou des matières minérales peu soluble en suspension, provenant des sols où l'eau a voyagé. Ces électrolytes peuvent être classés en deux catégories : les éléments fondamentaux et les éléments caractéristiques.

Les éléments fondamentaux sont ceux qui sont toujours présents dans les eaux naturelles ; Ils représentent un système calco-carbonique associé aux ions issus de la dissociation de l'eau. Ils sont au nombre de six : H_2CO_3 , HCO_3^- , CO_3^{2-} , Ca^{+2} , OH^- et H^+ .

Les éléments caractéristiques constituent l'ensemble des autres ions tels que Fe^{2+} , Mn^{+2} , Al^{+3} , Cl^- , SO_4^{-2} , NO_3^- , SiO_3^{-2} ,...

La présence de ces ions donne une certaine particularité à l'eau, ce qui permettra de dire par exemple que l'eau est magnésienne, ferrugineuse, chlorurée,... La présence des éléments caractéristiques dans l'eau même à l'état de trace peut conduire aux effets toxiques de l'eau.

Pour les eaux naturelles, la minéralisation totale est extrêmement variée : Les eaux superficielles ont une concentration saline inférieure à celle des eaux de nappes, qui, à leur tour, ont une concentration saline inférieure à celle des eaux profondes.

III.4. Composés organiques

Ils sont plus ou moins solubles et sont formés par un mélange complexe des produits animaux et végétaux en décomposition. Les composés organiques sont classés en deux catégories : Les substances non-humiques et les substances humiques.

Les substances non-humiques sont formés par des produits de base tels que les protéines, les acides aminés, les polysaccharides, les sucres simples, les graisses, les hydrocarbures, les pigments, les vitamines, et toxines diverses. Ces substances ne demeurent pas longtemps dans l'eau car elles sont décomposées dès leur apparition dans l'eau par des microorganismes

présents mais leur renouvellement est très rapide. Les substances humiques constituent l'essentiel des matières organiques naturelles. En effet ces substances sont élaborées par les microorganismes tels que les bactéries et les champignons à partir des produits animaux et végétaux. Leur décomposition n'est pas facile, voilà pourquoi elles demeurent longtemps dans les systèmes aquatiques. Ces substances humiques consistent en effet en un mélange de trois substances à savoir les acides humiques, les acides fulviques et l'humine.

III. Diversité des milieux aquatiques

La notion du milieu aquatique englobe, dans le domaine continental, des types très variés d'écosystème qui comprennent aussi bien des eaux courantes (sources, ruisseaux ,torrent, rivières, fleuves et canaux) que des zones humides (marais, tourbières) et desdites stagnantes (mares, étangs, gravières, ballastières, lacs,.....) (**GROSCLAUDE, 1999**).

III.1. Les eaux stagnantes

Il existe un continuum entre les cours d'eau typique, à courant plus ou moins rapide selon la pente des terrains, et les eaux dites stagnantes résultant de l'accumulation de l'eau dans les dépressions naturelles ou artificielles (mares, étangs, lacs et retenues).Le temps de séjour des eaux, caractéristique fondamentale des eaux stagnantes, est extrêmement variable, dépendant de l'importance des apports annuels par rapport au volume de la cuvette. Ce paramètre essentiel représente le temps durant lequel l'eau subit l'influence des facteurs qui vont conditionner son évolution physico-chimique et biologique (**GROSCLAUDE, 1999**).

III.2. Les eaux des lacs

Elles sont caractérisées par un courant de vitesse nulle, ou quasi nulle. Elles sont souvent des eaux moins pures (**GENIN et al, 1989 in BEN ABDARREZZAK ,2010**). Elles se caractérisent par une forte charge en impuretés et par une pollution biologique et chimique. Les lacs doivent faire l'objet de grandes précautions à prendre : il faut placer la prise d'eau en amont d'une ville pour éviter la pollution par les égouts se déversant dans le lac. On doit en outre craindre les possibilités de courants de retour, dus à certains vents, qui peuvent ramener l'affluent des égouts vers la prise d'eau d'alimentation (**BOUZIANI, 2000**).

III.3. Les eaux courantes

Les eaux courantes comprennent les ruisselets, ruisseaux, rivières et les fleuves. Il s'agit d'écosystèmes où l'eau est en mouvement plus ou moins rapide en fonction du débit, de la

déclivité - c'est-à-dire du relief, de la surface de friction et de la rugosité du fond du cours d'eau. Les petits ruisselets proches des sources, étroits, de température toujours froide, au courant rapide dévalant une pente souvent prononcée, se jettent dans des ruisseaux et rivières plus larges et plus profonds, au débit plus important au fur et à mesure des différentes confluences et de la contribution des affluents.

A la différence des eaux courantes, les eaux stagnantes sont des zones où la sédimentation intense va progressivement oblitérer la cuvette.

III.4. Les eaux souterraines

Les eaux souterraines résultent de l'accumulation des infiltrations dans le sol qui varient en fonction de sa porosité et de sa structure géologique. Elles se ruissellent vers les nappes. Il existe plusieurs types. La nappe libre est directement alimentée par les eaux de ruissellement. Elle est très sensible à la pollution (**CARDOT, 2002 in BEN ABDARREZZAK, 2010**). Les eaux souterraines alimentent un grand nombre de petites municipalités. Elles ont des caractères très diversifiés. Elles sont généralement limpides, incolores, peu minéralisées et ne contiennent pas de microorganismes dangereux. Elles sont potables variable, selon la nature du sous sol, et la profondeur du puits (**DEGREMONT ,1997 in BEN ABDARREZZAK, 2010**).

IIV. Les eaux usées

Les eaux usées, aussi appelées (eaux polluées). Constituent l'ensemble des déchets liquides produits par l'homme pour ces propres besoins et au cours de ses activités domestiques, agricoles et industries, ce sont généralement formées du sous-produit. Les eaux usées peuvent être chargées en micro-organismes pathogènes et/ou substances chimiques présentant des risques pour la santé humaine surtout dans les pays où les conditions d'oxygènes sont défavorables (**EOUZIANI, 2000**). On distingue trois catégories :

IIV.1. Les eaux domestiques :

Provenant des usages résidentiels ce sont en générales les eaux (de la cuisine, de la salle de bain, et des toilettes). Elles sont particulièrement porteuses de pollution organique telle que les graisses, détergents, solvants, azotés ou encore de différents germes pathogène.

IIV.2. Les eaux industrielles :

Qui sont les rejets des procédés industriels qui de l'eau dans la composition, la fabrication et le nettoyage d'un produit elles contiennent également des matières organiques, produits toxique, des hydrocarbures, des métaux lourds, des micropolluants...

IIV.3. Les eaux agricoles :

L'eau usées des établissements agricoles concernent toutes les eaux impropres à la consommation ayant fait l'objet d'une utilisation ou ayant subi une transformation, et qui proviennent directement ou indirectement de leurs activités ce sont très riche en produit chimique, matière organique ; matières en suspension.

IV. Pollution des eaux :

IV.1. Généralités :

Le terme « pollution » désigne la présence d'une substance au-delà d'un seuil pour lequel des effets négatifs sont susceptibles de se produire

«La pollution est une modification défavorable du milieu naturel qui apparaît en totalité ou en partie comme un sous-produit de faction humaine, au travers d'effets directs ou indirects altérant les critères de répartition du flux d'énergie, des niveaux de radiation, de la constitution physico-chimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes.

Ces modifications peuvent affecter l'homme directement ou à travers des ressources agricoles, en eau et en autres produits biologiques. Elles peuvent aussi l'affecter en altérant les objets physiques qu'ils possèdent, les possibilités réactives du milieu »

IV.2. Notion de la pollution :

La pollution ou la contamination de l'eau peut être définie comme la dégradation de celle-ci en modifiant ses propriétés physique, chimique et biologique ; par des déversements, rejets, dépôts directs ou indirects de corps étrangers ou de matières indésirables telles que les microorganismes, les produits toxiques, les déchets industriels.

Ces substances polluantes peuvent avoir différentes origines :

- Urbaine (activités domestiques ; eaux d'égout, eaux de cuisine...)
- Agricole (engrais, pesticides)
- Industrielle (chimie-pharmacie, pétrochimie, raffinage...)

La pollution est directement liée aux activités industrielles et agricoles.

La pollution est une contamination de l'eau par des corps étrangers comme les micro-organismes, produit chimique, déchets industrielles ou autres, ces corps et substances dégradent la qualité de l'eau et la rend impropre à l'usage de la santé.

La pollution est une modification généralement ravagée par l'air, l'eau impropre ou dangereuse à la consommation humaine, à l'industrie, à l'agriculture, à la pêche, aux animaux domestique et à la vie sauvage. La contamination des eaux par le phosphate stimule la croissance des phytoplanctons et augmente la productivité.

La décharge par diverses industries de plomb, zinc, chrome ..., éléments très toxiques pour les organismes limniques ou marins constituent une grave menace pour l'hydrosphère. Lors de l'enrichissement artificiel et excessivement des eaux en nutriment un gros problème se produit.

Si la croissance anormale de la végétation, si les processus d'eutrophisation qui entraîne des odeurs désagréables une prolifération d'algue verte, l'épuisement des réserves d'oxygène et des modifications de la composition chimique de l'eau perturbe, a plus ou moins brève échéance, l'équilibre biologique du milieu en rendant toute vie animale et végétale aléatoire.

IV.3. Origine de la pollution :

La pollution des eaux a essentiellement pour origine les rejets des eaux usées urbaines et industrielles dont l'abondance et la variété croissent au fil des années sous l'effet de l'urbanisation galopante. Pendant des millénaires, les eaux usées étaient déversées directement dans les cours d'eau, lacs et mer. Ce qu'il y a seulement moins d'un siècle que l'accent a été mis sur le résultat désastreux de telles pratiques.

On distingue trois catégories de pollution pouvant affecter la qualité des eaux : la pollution physique, chimique et biologique.

A . Pollution physique :

La pollution physique est provoquée essentiellement par les centrales thermiques qui situées le plus souvent aux bords de cours d'eaux, puisent de grandes quantités d'eaux pour le refroidissement de leurs systèmes. Cette eau réchauffée est ensuite reversée dans le milieu naturel, ce qui a pour effet d'en modifier fortement la flore et la faune, car la variation de la température est un paramètre écologique très important.

B. Pollution chimique

L'utilisation de diverses substances chimiques pour le besoin du développement industrielle a entraîné dans presque toutes les régions du monde une dissémination dans le milieu naturel

d'une multitude de résidus toxiques. Ces substances présentes habituellement dans les eaux à l'état de traces, sont souvent capables de s'accumuler dans les tissus végétaux et animaux et de se concentrer au niveau des différentes chaînes tropho-dynamique et atteignent ainsi des concentrations dangereuses en fin de chaîne (animaux supérieurs et l'homme).

A l'heure actuelle, les polluants chimiques sont classés en 5 catégories :

C. Les substances chimiques dites « indésirables » :

Ce sont des substances dont la présence dans l'eau est tolérée. Tant qu'elle reste inférieure à un certain seuil que les nitrates et phosphates dont l'origine principale est le lessivage des terres agricoles fertilisées à l'aide d'engrais azotés et phosphatés

D. Les substances chimiques toxiques :

Ce sont principalement :

-les sels de métaux lourds (plomb, mercure, cadmium): Présents dans la nature en très petites quantités et dont les rejets d'industries chimiques et métalliques augmentent la concentration dans les eaux. Ces derniers non directement nocifs à des faibles concentrations, ont cependant, la faculté de s'accumuler aux cours des différents niveaux de la chaîne alimentaire et d'atteindre ainsi des concentrations dangereuses en fin de chaîne.

-Les hydrocarbures : les principales sources de pollution de l'eau par les hydrocarbures sont les déversements accidentels qui constituent une grave menace pour l'équilibre écologique.

IV.4. La pollution biologique :

A. pollution organique :

La pollution organique des eaux est le résultat des rejets de certaine industrie agroalimentaire hautement polluante telle que les abattoirs laiteries, sucreries, conserveriesetc.

Lorsque la charge en matières organiques est faible, celle-ci est rapidement dégradée par les microorganismes aérobies présents dans l'eau en produits finaux non directement nocifs pour la vie aquatique (CO₂, nitrate, phosphore,...). C'est le phénomène de l'auto épuration, mais lorsque la charge polluante organique est trop importante et dépasse les capacités d'assimilation du milieu, on observe alors un état d'anoxie (déficit en O₂) et une biodégradation anaérobie de substitue à l'oxydation avec formation de composés (ammoniaque, H₂S, phénol)

B. La pollution microbienne :

La pollution organique s'accompagne souvent d'une pollution microbienne, que celle-ci soit incluse dans l'effluent polluant ou le résultat de la prolifération de germes hétérotrophes aux contacts des matières organiques amenées dans l'écosystème récepteur.

Si les micro-organismes jouent un rôle essentiel dans les processus d'auto épuration, comme agents de minéralisation des matières polluantes, la prolifération des germes pathogène (bactéries, virus, champignons, levures) provenant des matières fécales (humaines et animales) soulève dans bien des cas de redoubler les problèmes de santé publique.

IVI. les paramètres généraux :

IVI.1. Les paramètres physico-chimiques :

Les phénomènes organiques de la pollution se traduisent généralement par des caractéristiques physico-chimiques et organiques du milieu récepteur.

L'un des moyens d'étude de la pollution consiste à mesurer cette caractéristique au niveau du rejet du milieu naturel ou du milieu pollué. Il s'agit principalement de la mesure du PH (mesure de l'acidité alcalinité), de la conductivité (minéralisation globale de l'eau).les deux derniers paramètres présentent l'état de la pollution de l'eau analysée, plus la demande est élevée, plus l'eau est polluée

IVI.2 Paramètre chimique :

a- Nitrites (NO₂) : (dangereux y compris pour les poissons).

Chez les mammifères, la consommation d'eau chargée de nitrites perturbe la fixation de l'oxygène par l'hémoglobine du sang. Il ne doit donc pas avoir de nitrites dans l'eau du robinet et très peu de nitrates, car ils peuvent une fois se transformer en nitrites.

Dans l'eau les nitrites sont toxiques pour les poissons surtout lorsque le pH de l'eau est inférieur à 7. Des concentrations même < 1 mg NO₂/l entraînent des mortalités piscicoles. Elles posent problème au-dessus de 0,01mg/l.

L'effet de toxicité des nitrites est plus rapide que par celle de l'ammoniaque, (voir plus haut) car elle entraîne la dégradation de l'hémoglobine des globules rouges et l'asphyxie des poissons.

Même en petite quantité les nitrites causent des stress chez les poissons, provoquant des problèmes respiratoires, affaiblissement, maladies, vulnérabilité...

b- Nitrates (NO₃) :

Les nitrates des eaux souterraines et des cours d'eau proviennent :

- ▶ Principalement d'origine agricole en raison du recours aux engrais azotés.
- ▶ En second lieu des rejets des stations d'épurations (transformation de la matière organique en nitrates). Certaines installations sont complétées par des traitements de dénitrification avant rejet.
- ▶ Du milieu naturel, pour 3 et 7 mg/l seulement, une quantité suffisante pour nourrir la vie aquatique des cours d'eau. (Au delà c'est l'indigestion, le développement des algues, l'eutrophisation.)

Les nitrates posent problème en raison de leur trop grande introduction dans les eaux par l'agriculture industrielle.

Bien que les nitrates soient énormément moins toxiques nocifs que les nitrites, il ne doit pas y en avoir plus de 50 mg/l dans l'eau du robinet.

Chez les poissons adultes, la toxicité des nitrates semble très faible. Il n'en est pas de même sur les œufs ou les larves dont la mortalité serait multipliées par deux selon les espèces. Des effets ont été signalés, même à des concentrations de 10-20mg/l.

c- Chlorures (Cl) :

Les ions chlorures présent dans l'échantillon réagissent avec les thiocyanate de mercure Hg(SCN)₂ en excès pour libérer les ions SCN-qui, à leur tour, réagissent avec les ions Fe³⁺ pour donner un complexe rouge-orangé dosé par colorimétrie.

IVL.3 Paramètre physique :

d- Température

La température de l'eau, est un facteur physique qui entraîne d'importantes répercussions écologiques. Elle permet de corriger le paramètre d'analyse dont les valeurs sont liées a la température (telles que la densité, la viscosité, la solubilité des gaz dans l'eau, la dissociation des sels dissous)

e- Conductivité électrique

La conductivité ou les matières solide dissoutes (TDS= Total dissolveds) est définie comme étant la quantité de matières dissoutes dans l'eau ; et dépend principalement de la solubilité des sédiments entrant en contact avec l'eau. La conductivité électrique dans l'eau correspond à la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métallique de 1cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm l'unité de conductivité est le micro-siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Sa valeur varie en fonction de la température.

IVI.4. Paramètre bactériologiques :

Les analyses microbiologiques réalisées en laboratoire ont pour but de déceler et évaluer la présence dans les eaux de microbes pathogènes dangereux pour l'homme : eau potable, eaux de baignade, ...

Ces analyses reposent sur la recherche dans les eaux de bactéries indicatrices de leur éventuelle contamination fécale, les Escherichia coli (E. coli) et les **streptocoques**. Ces organismes, d'origine intestinale sont naturellement présents dans les déjections animales ou humaines qui via les déversements, eaux usées et épandages peuvent se retrouver dans l'eau. Les **streptocoques** sont pathogènes de même que certains colibacilles. L'eau potable du robinet doit être exempte de la présence de ces bactéries. Une présence très importante de germes fécaux dans une eau indique une pollution fécale importante d'origine humaine ou animale en amont.

a- Les coliformes fécaux

La présence de ces bactéries dites pathogènes est très risquée pour la santé des humains et des animaux. La bactérie e-coli (Escherichia coli) appartient à cette catégorie de coliformes. L'absorption d'une eau infectée de coliformes fécaux peut entraîner des maladies très graves et, dans certains cas, peut causer la mort. Les premiers symptômes sont généralement de nature gastro-intestinale (nausées, vomissements et diarrhée). Il est à noter que la concentration maximale acceptable de la bactérie e-coli dans les systèmes publics et privés d'approvisionnement en eau potable est de zéro (0) micro-organisme détectable par 100 ml.



Figure 02 : Les coliformes fécaux

b- Les streptocoques fécaux

S'apparentent aux coliformes fécaux, ils sont donc des bactéries pathogènes, c'est-à-dire dangereuses pour la santé. Presque toujours reliés à la contamination fécale, les entérocoques résistent beaucoup aux substances aseptiques qui devraient empêcher leur croissance. Certains entérocoques peuvent se transformer en germes initiateurs de plusieurs maladies telles que les angines, les otites, les méningites et d'autres toutes aussi sérieuses.

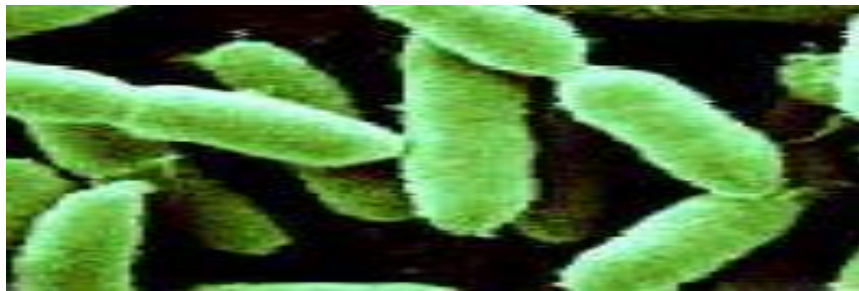


Figure 03 : streptocoques fécaux

c- Les coliformes totaux

Concernent le décompte total des bactéries de type coliformes. Bien que la plupart dérivent de substances végétales, certains coliformes totaux peuvent être d'origine fécale (de 10 à 15 %). Ces bactéries servent d'indicateurs de pollution ou de contamination microbiologique. Dans le cas d'un puits cela peut révéler la présence d'une infiltration de l'eau de surface. Si l'analyse d'eau détecte la présence de coliformes totaux dans une concentration de plus de 10 UFC/100ml, il faut désinfecter le puits. On suggère aussi de faire un nouvel échantillonnage de l'eau potable dans les 30 jours qui suivent.



Figure 04 : Les coliformes totaux

IVII. Normes de la qualité des eaux :

Une eau de consommation ne doit pas contenir de germes des maladies à transport hydrique, de substances toxiques ni de quantité excessive de matières minérales et organiques. Elle doit par ailleurs, être limpide, incolore et ne posséder aucun goût ou odeur désagréable.

Selon la directive de l’OMS en 2002, le pH d’une eau potable doit varier entre 6,5 et 8,5, tandis que la norme de la turbidité est de 5 NTU, la conductivité électrique 500 μ S /cm et la TDS de 1000.

Pour évaluer ces risques, un certain nombre d’indicateurs de contamination fécale ont été retenus. On cite les organismes coliformes qui sont les coliformes totaux et les coliformes fécaux (thermo tolérants).

IVII.1 Paramètres physico-chimiques :

Tableau N1° : les paramètres physicochimiques selon l’OMS et le journal officiel algérien.

Facteur	Selon l’OMS	Selon le Journal Algérien	Unité
Argent	0.05	0.05	Mg/L
Arsenic	0.05	0.05	Mg/L
Cadmium	0.05	0.01	Mg/L
Chrome	0.05	0.05	Mg/L
Cuivre	1	1.5	Mg/L
Fer	0.2	0.3	Mg/L
Fluor	1.5	1.5	Mg/L
Manganèse	0.5	0.5	Mg/L
Mercure	0.001	0.001	Mg/L
Plomb	0.05	0.055	Mg/L
Sélénium	0.01	0.01	Mg/L
Zinc	5	5	Mg/L
Hydrocarbure polycycliques aromatiques	0.1	0.2	μ g/L

Source: OMS(2002)

IVII.2. Facteurs microbiologiques

Tableau N°2 : facteurs microbiologiques selon l’OMS et le journal officiel algérien.

Facteur	Selon l’OMS	Selon le journal algérien
Germes banaux	100/100 ml	100/100 ml
Coliformes totaux	0/100 ml	0/100 ml
Coliformes fécaux	0/100 ml	0/100 ml
Streptocoques fécaux	0/100 ml	0/100 ml
Clostridium sulforéducteurs	0/100 ml	0/100 ml

Source : OMS (2002)

CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES

CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES

I. Présentation de la zone d'étude :

I.1. Le parc national d'El Kala

Le PNEK constitue un patrimoine important par la richesse biologique de ses habitats. D'une superficie de 80000 ha, il est composé d'une mosaïque particulière d'écosystème, caractérisée par des zones humides dont l'ensemble constitue un complexe considéré comme unique dans le bassin méditerranéen.

A l'intérieur de ce parc sont situés les trois lacs Mellah, Oubeira et Tonga qui sont considérés comme site d'importance internationale par la convention de Ramsar 1971. Administrativement, Le PNEK est inclus dans la wilaya d'El-Tarf et comprend les communes suivantes :Bouteldja, ain El Assel, El Kala, El aioun, Bougous, Souarekh, Raml El Souk et Zitouna (Fig.5)

I.2. Site d'étude :

I.2.1. Caractéristiques du bassin versant lac Oubeïra :

Le bassin versant du lac Oubeïra, d'une superficie de 9728 ha, fait partie de la zone lacustre d'El-Kala. Le plan d'eau couvre une superficie de 2120 ha, soit un peu plus du 1/5 de la surface totale du bassin versant et représente environ 22% de la superficie totale du bassin versant.

Le seuil qui sépare le lac Oubeïra du lac Mellah est de 44 m. Il n'y a pas de traces d'un ancien écoulement sur ce versant. Le seuil de 40 m séparant le lac Tonga du lac Oubeïra est drainé par un petit ravin : Chabet Fedj El-Alleg.

Le lac Oubeïra fonctionne de manière endoréique, il est alimenté par une dizaine d'oueds. En hiver, à l'occasion des fortes précipitations, les eaux de l'oued El-Kébir parviennent au lac principalement par l'oued Messida qui prend naissance au Sud. En été, quand le niveau de l'oued El-Kébir est au plus bas niveau, le système hydrologique fonctionne en sens inverse, la Messida ayant la particularité de couler dans les deux sens. Le domaine agricole est constitué par les parcelles de terres travaillées par les riverains, mais également par la jachère. Il s'étend sur une superficie de 1541 ha, soit 16 % de la surface totale du bassin versant. Les cultures pratiquées

sont le maraîchage, l'arboriculture, mais surtout les arachides notamment dans la plaine d'El-Frin.

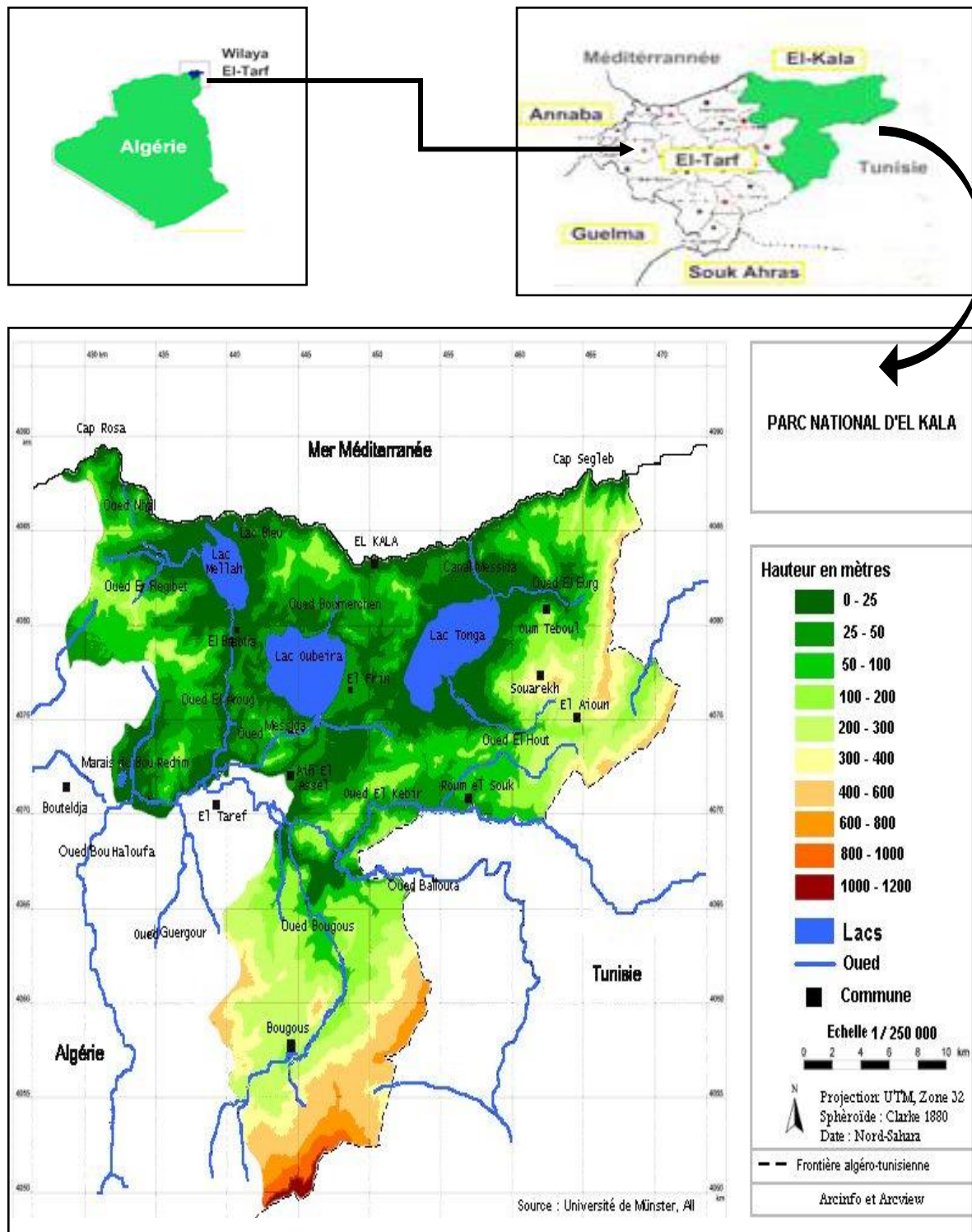


Figure 05: Localisation du Parc National d'El Kala (in Boumaraf, 2018)

I.2.2. Paramètres de forme :

Le bassin versant du lac Oubeïra s'étend sur une superficie de 9728 ha. Sa limite nord s'étend d'Est en Ouest d'altitude 170 m à 182 m, suit la ligne de partage des eaux qui est la ligne de crête qui passe au Nord par le Kef Trébiche à 256 m et qui marque aussi la limite avec le bassin versant du lac Mellah. La bordure Ouest longe les sommets du Djebel Oubeïra (100 m) jusqu'à FedjZana (91 m) avant d'être relayée dans la partie Sud par les Djebels AchLahmar (138 m) et Hellilif (189 m) qui constituent les bords Sud-Ouest du bassin versant. A l'Est, le bassin versant est formé d'une bordure plane qui s'étale au pied du Djebel Bou Merchène (184 m) au Nord-Est (Fig. 6)

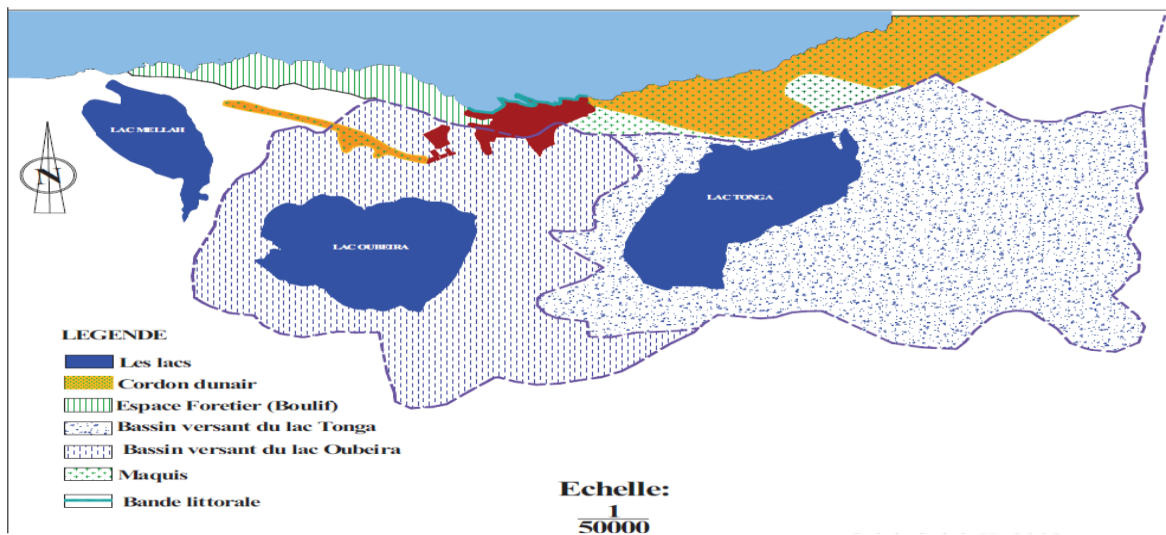


Figure 06 : Bassin versant des lacs Oubeïra et Tonga

I.2.3. Le réseau hydrographique :

Le bassin du lac Oubeïra est drainé par quatre principaux cours d'eau qui sont à écoulement pérenne. Les débits sont importants en saison humide mais ils baissent et se réduisent à l'étiage sans pour autant que les oueds s'assèchent totalement. On trouve:

- Les oueds DemetRihana et Boumerchène au Nord.
- L'oued Dey El-Garaâ au Nord-Est.
- L'oued Bouhchicha au Sud (Fig.7).

On rencontre aussi une multitude de petits cours d'eau à écoulement temporaire venant des reliefs du Sud-Ouest pour se jeter dans les eaux du lac. Il faut encore noter le cas particulier de l'oued

Messida qui est l'exutoire naturel du bassin versant à l'étiage mais qui coule vers le lac lors des crues hivernales de l'oued El-Kébir



Figure 07 : Réseau hydrographique du bassin versant du lac Oubeira (1/50 000^e) (BNEDER, 2004)

I.2.4. Caractéristiques morpho-métriques du lac Oubeira

I.2.4.1. Localisation

Le lac Oubeira est un plan d'eau de type «étang» c'est-à-dire de moins de 6 m de profondeur, localisée à 5 km au Sud-Ouest de la ville d'El-Kala et 54 km à l'Est et Sud-Est de la ville d'Annaba.

Ses coordonnées géographiques au centre sont 36° 50' 695 N, 8° 23' 272 E, de ce fait il est localisé à 2,3 km au Sud-Est du lac Mellah.

I.2.4.2. Dimensions :

- De forme grossièrement carrée, sa longueur selon un axe Nord-Sud passant par le milieu est de 4,20 km.
- La largeur selon un axe Est-Ouest passant par le milieu est de 5,22 km.
- Le périmètre est égal à 19,80 km.
- La superficie totale mesurée est de 2257 ha environ.

I.2.4.3. Bathymétrie :

Les mesures bathymétriques font ressortir que le lac Oubeïra est un plan d'eau peu profond. La profondeur maximale est de 2,50 m en situation de pleine eau et ne représente que 0,3 % de la superficie, la profondeur moyenne est égale à 2,15 m.

L'examen de la carte bathymétrique du lac Oubeïra révèle donc que la topographie est très homogène. En effet, dans les 67% de la superficie, la profondeur ne varie que d'une quarantaine de cm. Les variations de profondeur sont relativement importantes au niveau de l'ensemble des berges. En revanche, la zone centrale du lac, présente une homogénéité remarquable de la bathymétrie ; faisant assimiler le lac Oubeïra à une grande cuvette à fond plat et aux bords légèrement relevés.

I.2.4.4. Volume :

Le volume total du lac $V_t = 45.277.076 \text{ m}^3$, soit un peu plus de 45 millions de mètres- cubes en situation de hautes eaux. Le caractère endoréique du lac Oubeïra l'expose à des variations sensibles de son volume d'eau. L'intense évaporation estivale retire un volume d'eau important.

I.2.5. Les menace sur l'eau

I.2.5.1. Pompage de l'eau

Le pompage de l'eau est courant durant les périodes hivernale et estivale. Il est pratiqué au niveau des rives Nord et Est ; une partie de la rive Sud et une partie de la rive Ouest. C'est surtout le dérangement et la pollution qu'il induit qui sont préoccupants. La faible superficie agricole autour de l'Oubeïra n'étant pas trop grande consommatrice d'eau ; mis à part le secteur de l'oued Messida dont il faudra évaluer le volume prélevé.

I.2.5.2. Pollution de l'eau :

Phénomène nouveau de pollution des zones humides (lacs et oueds) dû à l'extension des zones urbaines et à leurs rejets d'eaux usées ; mais également localement par les écoulements d'hydrocarbures des motopompes. Actuellement, la tendance la plus menaçante de ce point de vue est sans conteste liée à l'extension du quartier de Mridima. Il est à redouter à terme, une nette augmentation de l'eutrophisation du lac par rejets de polluants divers et ses conséquences incalculables sur la faune et la flore aquatique.

II. Objectif de l'étude :

L'objectif de notre étude est l'influence de la qualité des eaux du lac Oubeira. Pour atteindre cet objectif, notre étude s'est basée sur les points suivants :

- Première partie : l'analyse des paramètres physico-chimiques et microbiologique.
- Deuxième partie : l'analyse physiologique et biochimique.
- Troisième partie : détermination des paramètres minéraux et organique.

III. Méthode expérimentale :

III.1. Echantillonnage

Quatre campagnes de prélèvement sont effectuées du décembre 2018 et mars 2019 à un rythme mensuel, réparties sur la périphérie du lac et surtout au niveau de l'embouchure des principaux cours d'eau pendant chaque campagne. Tous les prélèvements sont généralement effectués entre 9h 30 mn et 11 h00.

III.2. Protocole du prélèvement des échantillons :

Au cours de l'année 2019, les prélèvements des échantillons d'eau du lac Oubeira ont été réalisés dans des flacons en polyéthylène propres d'une capacité de 1,5 litre rincés 3 fois avec l'échantillon lors du prélèvement et à environ 40 cm de profondeur, assez loin des rives ou des bords. Ces flacons étiquetés (lac, site, lieu, date) ont été conservés dans une glacière à une température (2 à 4°C), et retournés au laboratoire. Les échantillons d'eau ont été filtrés sur membranes de 0.45µm de diamètre des pores pour subir les analyses appropriées 24 heures après les prélèvements.

III.4. Localisation et station d'échantillonnages :

Nous avons implanté nos stations d'échantillonnage à l'embouchure de trois cours d'eau.

Station 01 : embouchure Demnet rihana

Station 02 : embouchure de Digraa

Station 03 : embouchure Bouhchicha



Figure 08 : Localisation de les stations d'échantillonnages du le lac Oubeira

III. Analyse des paramètres physico-chimiques des eaux

Les analyses physico-chimiques des eaux ont été menées au niveau de laboratoire d'analyse des eaux « FERTIAL ». Les analyses effectuées sur les échantillons d'eaux de surfaces du lac ont porté sur :

a)- *Mesures in situ* :

Trois paramètres physico-chimiques (température, pH et la conductivité électrique) ont été mesurés *in situ*, à l'aide d'une valise multi-paramètres de terrain.

b)- *Analyses des éléments chimiques* :

Les analyses chimiques ont été effectuées au laboratoire selon les techniques standards (**Rodier et al., 2009**)

- **Dosages des anions** : les chlorures (Cl^-) par titrimétrie (méthode de Mohr)
- **Dosages des Nitrates (NO_3) et Nitrites (NO_2)**: ont été mesurés au laboratoire FERTIAL-Annaba-

IIV. Analyse bactériologique :

Les analyses microbiologiques ont été réalisées au sein du Laboratoire de l'hôpital (EPSP) d'El Tarf.

Les échantillons doivent être prélevés dans des flacons en verre blanc, à haut évasé, avec un bouchon en verre rodé, d'une capacité de 125 ml, stérilisés au préalable ou dans des sacs plastiques stériles, jetables ; contenant une pastille de thiosulfate de sodium. Les flacons pour la collecte d'eaux chlorées doivent recevoir, avant d'être stérilisés, 0,1 ml (2 gouttes) de thiosulfate de sodium à 10%.

IIV.1. Les coliformes totaux :

a- Exécution du test

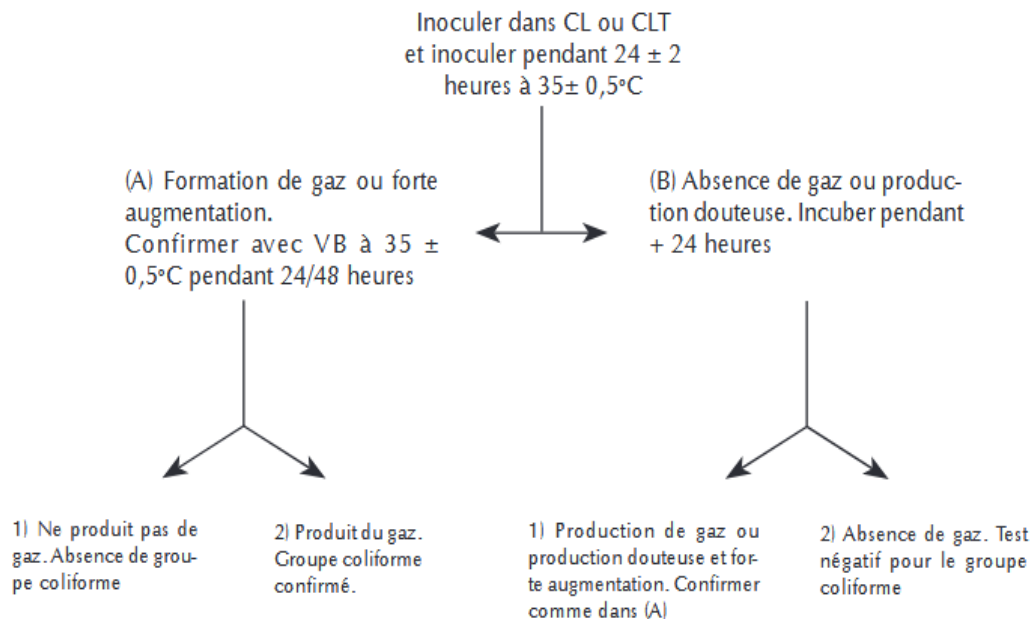
- a) prendre une batterie contenant 15 tubes à essai répartis de 5 en 5;
- b) inoculer avec une pipette stérilisée dans les 5 premiers tubes (ceux qui contiennent le bouillon lactosé à concentration double) 10 ml d'échantillon d'eau à être examinée dans chaque tube.
- c) dans les 10 tubes restant (ceux qui contiennent le bouillon lactosé à concentration simple), inoculer dans les 5 premiers 1 ml d'échantillon (dilution 1:10) et dans les 5 derniers tubes, inoculer 0,1 ml d'échantillon dans chaque tube. (Dilution 1:100).
- d) mélanger ;
- e) incuber à $35 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ pendant 24/48 heures;
- f) si, après 24/48 heures, il y a formation de gaz dans le tube de Durham, cela signifie que le test présomptif a été positif. Dans ce cas, effectuer un test de confirmation. Si aucune formation de gaz n'a eu lieu au cours de l'incubation, l'examen se termine à ce stade et le résultat du test est négatif.

b- Test de confirmation

- a) prendre les tubes du test présomptif qui ont été positifs (qui ont formé du gaz) dans trois à 3 dilutions 1:1, 1:10 et 1:100;
- b) prendre un nombre égal de tubes contenant le milieu de culture bilié vert brillant à 2%;
- c) avec une anse de platine, précédemment flambée puis refroidie, retirer de chaque tube positif une partie de l'échantillon positif et inoculer dans le tube correspondant contenant le milieu vert brillant. Cette procédure est appelée «repiquage»;
- d) identifier les tubes;

e) incuber pendant 24/48 heures à $35 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$;

f) si à la fin de la période d'incubation de l'heure 24/48 on observe la formation de gaz dans le tube à essai Durham, le test est considéré comme positif. S'il n'y a pas de formation de gaz, le test est considéré comme négatif.



c- Expression des résultats

a) Les résultats sont exprimés en NMP (nombre plus Probable)/100 ml d'échantillon.

b) pour déterminer la NMP, on vérifie la combinaison formée par le nombre de tubes positifs qui présentent les dilutions 1:1, 1:10 et 1:100 dans le test de confirmation.

IIV.2. Coliforme fécaux :

A- Exécution du test

a) en utilisant une pince, mettre soigneusement un carton absorbant dans une boîte de Pétri ;

b) avec une pipette stérilisée mettre 1,8 ml de milieu de culture sur le carton absorbant et recouvrir la plaque ;

c) placer le filtre à membrane dans le porte-filtre avec la pince précédemment flambée et refroidie ;

d) agiter le flacon contenant l'échantillon au moins 25 fois;

e) déboucher et flamber le goulot de la bouteille ;

- f) verser soigneusement 100 ml d'échantillon dans le porte-filtre, en évitant que l'eau n'éclabousse les bords supérieurs;
- g) allumer la pompe à vide (seringue) et aspirer;
- h) après avoir filtré l'échantillon, laver trois fois les parois de l'entonnoir avec de l'eau de dilution stérile à hauteur de 20 ml à chaque fois en appliquant le vide;
- i) après le lavage et la filtration, enlever le vide et retirer l'entonnoir du support;
- j) retirer le porte-filtre du support et le mettre dans une boîte de Pétri, préparée au préalable, avec le côté quadrillé vers le haut à l'aide d'une pince flambée et refroidie;
- k) fermer la boîte de Pétri et l'incuber inversée à 35°C pendant 24 ± 2 heures;
- l) après la période d'incubation, examiner le filtre et effectuer le comptage des colonies.

B- Lecture des résultats

Les colonies de coliformes totales typiques ont une couleur rose au rouge foncé avec un éclat métallique. Le brillant peut apparaître au centre ou à la périphérie de la colonie. Les non coliformes apparaissent en rouge-clair ou foncé sans le brillant métallique caractéristique.

IV. 3. Streptocoque fécaux :

1- Technique :

- a) peser 4,8 g de milieu déshydraté;
- b) transférer dans le flacon Erlenmeyer;
- c) ajouter lentement 100 ml d'eau distillée contenant 2 ml d'alcool éthylique à 95%;
- d) chauffer au bain-marie ou au bec de bunsen jusqu'au début de l'ébullition (ne pas faire bouillir);
- e) laisser refroidir;
- f) répartir 1,8 ml sur chaque plaque.

CHAPITRE III. RESULTATS ET DISCUSSION

CHAPITRE III. RESULTATS ET DISCUSSION

I. Résultats des caractéristiques physico-chimique des eaux

I-1- Paramètres physiques et physico-chimiques:

I-1.1. Température (T °C)

La température de l'eau est un paramètre important, elle joue un rôle dans la solubilité des gaz (**Rodier, 1996**). La température de l'eau naturelle dépend d'une série de facteurs, tels que : la situation géographique, la saison, la profondeur (faible en surface), la couleur et volume de l'eau, les rejets industriels et domestiques.

Les mesures de la température des eaux du lac Oubeira atteignent un minimum de 18°C (Station 3) durant le mois de novembre et un maximum de 21.5°C (Station 2) durant le mois de mars (Fig 09.)

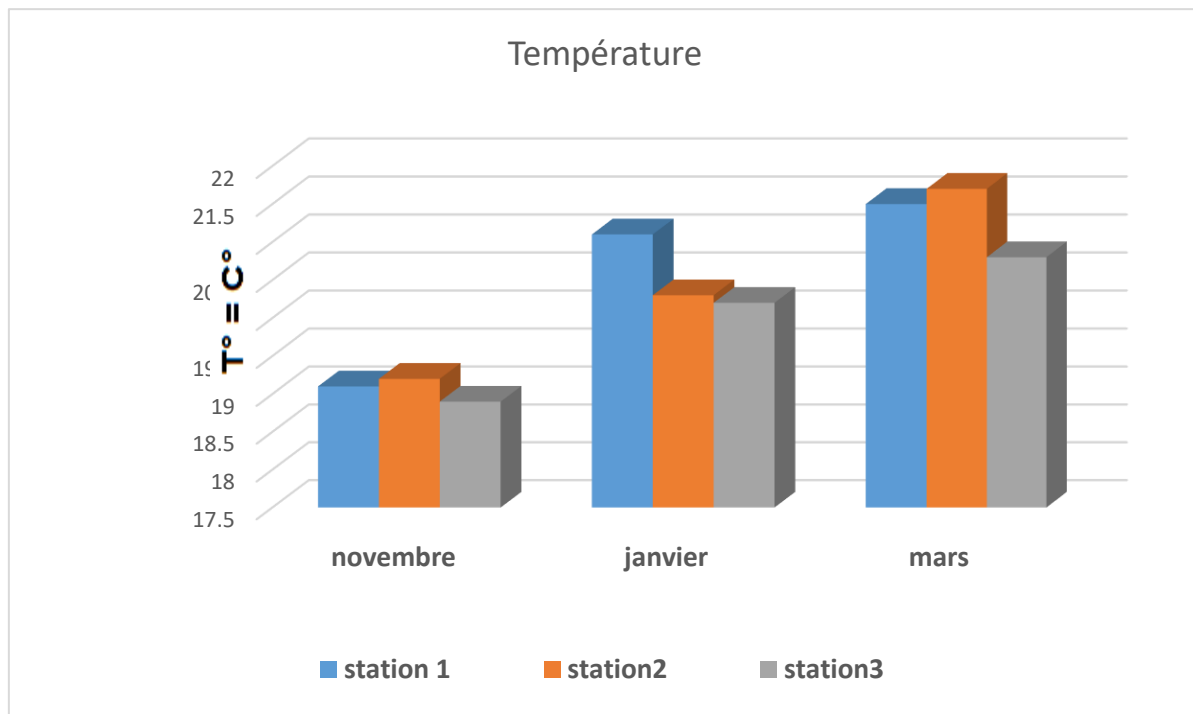


Figure 09 : Variations spatio-temporelles de la température de l'eau du lac Oubeira

I-1.2. Potentiel d'hydrogène (pH)

Par définition, il est l'unité de mesure de la concentration en ions hydrogènes, permettant d'évaluer l'acidité ou la basicité d'un milieu. (Dajoz, 1985).

Le pH d'une eau représente son acidité ou son alcalinité ; à pH 7 une eau dite neutre, à pH inférieur à 7 une eau dite acide et à un pH supérieur à 7, elle est dite basique.

Le pH des eaux du lac varie habituellement entre une valeur minimale 6,9 (mois de mars) et une valeur maximale 7,8 (mois de novembre). La majorité des pH des eaux du lac Oubeira sont légèrement basiques (Fig 10.)

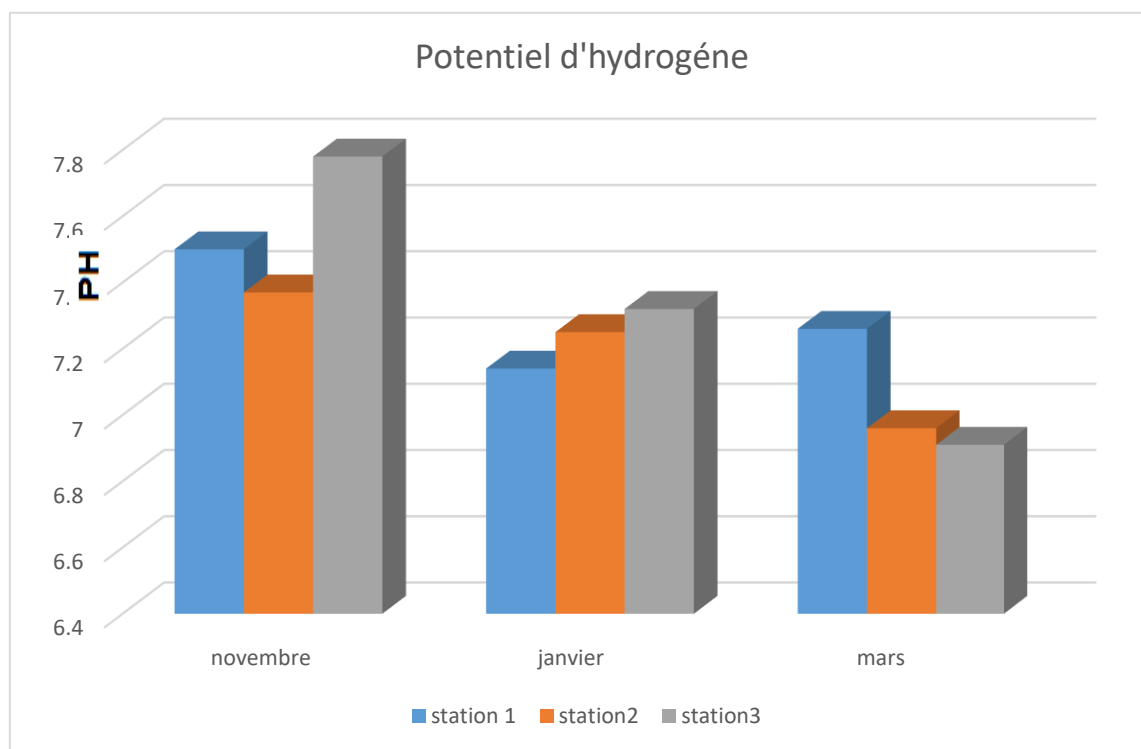


Figure 10: Variations spatio-temporelles du pH de l'eau du lac Oubeira

I-1.3. Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique est une expression numérique de la capacité d'une solution à conduire le courant électrique (Devillers et al., 2005).

La mesure de la conductivité électrique permet d'évolution et aussi d'apprécier la qualité des sels dissous dans l'eau (Rodier, 2009).

Les résultats obtenus sur le terrain d'étude montrent que la conductivité électrique des eaux du lac varie entre 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (S1) pour le mois de janvier et une valeur maximale de 653 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (S2) durant le mois de novembre avec une moyenne de (523.33, 450, 443.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$) pour les mois novembre, janvier et mars respectivement (Fig11.)

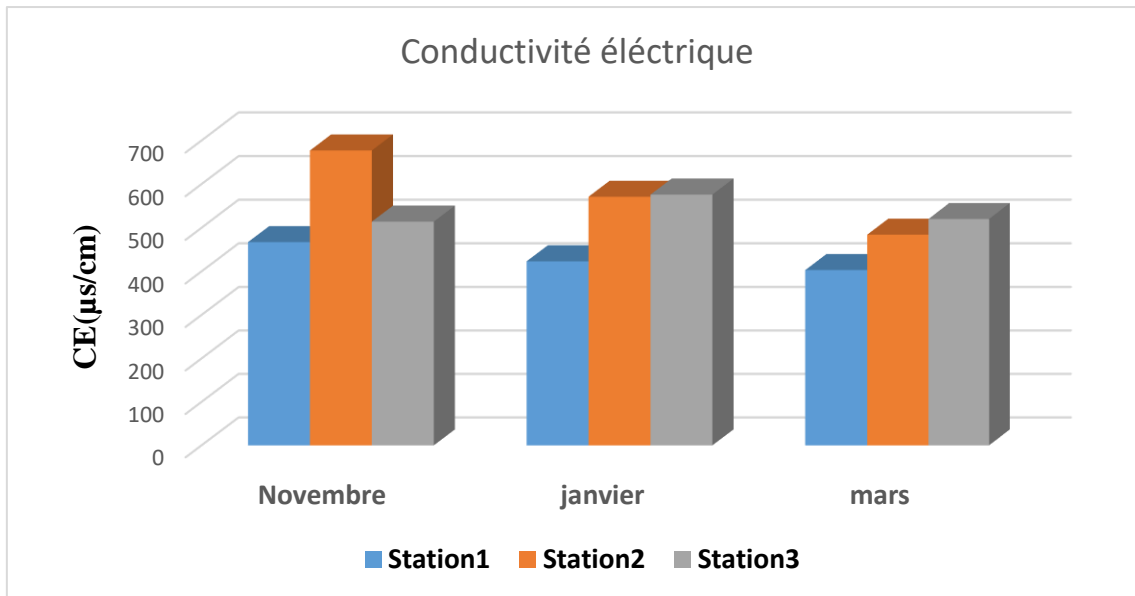


Figure 11 : variations spatio-temporelles de la conductivité électrique de l'eau du lac Oubeira

I.2. Paramètres chimiques

I.2.1. Les Chlorures (Cl^-)

La teneur en chlorures des eaux est extrêmement variée et liée principalement à la nature des terrains traversés. L'OMS recommande pour la teneur en chlorures dans les eaux destinées à la consommation humaine une valeur guide de 200 mg/l. D'après les résultats de nos analyses, on remarque que les valeurs sont presque similaires. Les fortes concentrations de chlorure marquent des valeurs de l'ordre de 50 mg/l durant les 3 mois. Nous observons une faible concentration dans la station 3 durant les 3 mois.(fig 12)

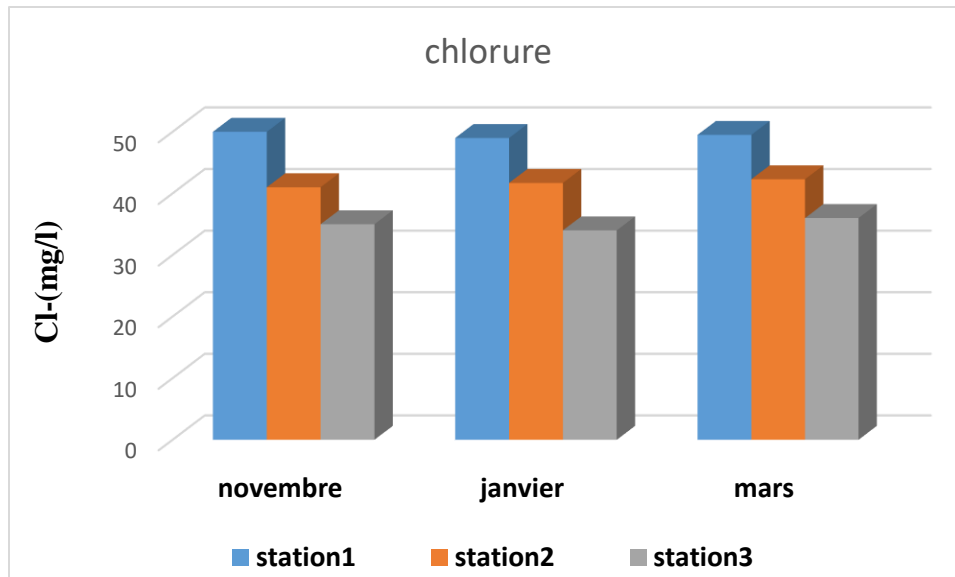


Figure 12 : Variations spatio-temporelles de la concentration en chlorure de l'eau du lac Oubeira

I.2.2. Les Nitrites (NO_2^-)

Les nitrites proviennent de l'oxydation incomplète sous l'action des nitrosomonas (**Moumoini-Djermakoye, 2005**). Elles sont les indicateurs de la pollution.

La présence de nitrites d'origine naturelle est très rare, ils sont répandus dans le sol, les eaux et les plantes en quantités relativement faibles. Dans les eaux de surface, leur teneur est en générale 0,1 mg/l. On peut montrer l'existence de nitrite dans l'eau de fonte de neiges et dans les nappes aquifères profondes. Les nitrites peuvent être dangereux, à court terme qu'à long terme (**Rejsek, 2002**)

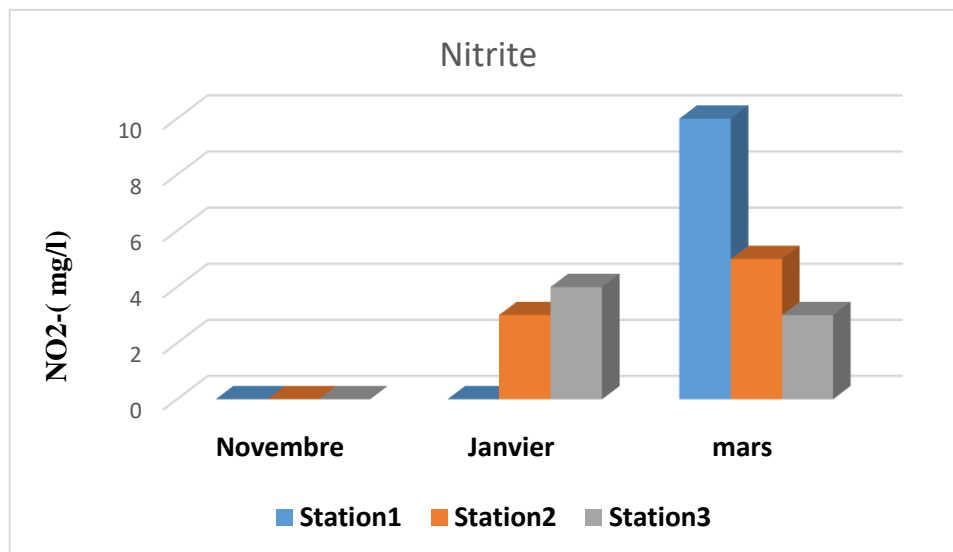


Figure 13 : Variations spatio-temporelles de nitrite de l'eau du lac Oubeira

D'après les résultats, les teneurs en nitrites sont très variées selon les saisons (Fig13.), on remarque que dans le mois de novembre la teneur en nitrite est nulle dans les différentes stations. Tandis que pour les mois janvier et mars marque des teneurs plus élevées avec une moyenne de 2 et 5.43mg/l respectivement qui dépassent de loin les normes admise par l'OMS <0.02 mg/l et ceci pour la station 1 Demnet rihana.

I.2.3. Les Nitrates (NO_3^-)

Toutes les formes d'azote (azote organique, ammoniacque, nitrites, etc.), sont susceptibles d'être à l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique. La concentration en nitrate les plus élevés sont dû de l'écoulement agricole, l'écoulement de décharge d'ordures, ou de contamination avec les déchets des animaux.

Les résultats enregistrés de la teneur en nitrate durant la période d'étude représentent l'importance de cet élément dans les eaux du lac Oubeira de la station (S3) et (S2) atteignant 6,10mg/l (valeur maximale) durant la campagne de novembre (inférieure à la norme admise par l'OMS 10 mg/l) (fig14)

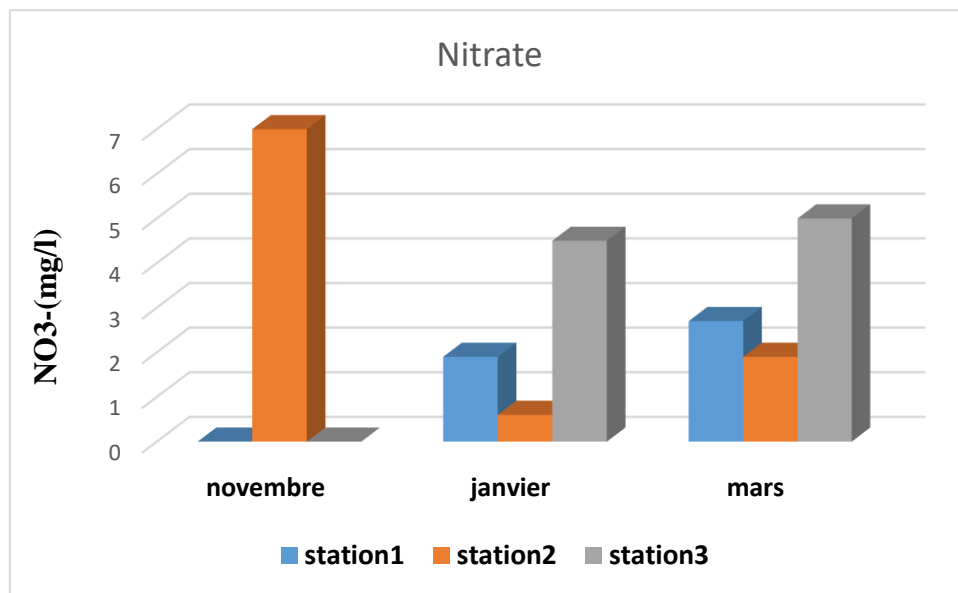


Figure 14 : Variations spatio-temporelles du nitrate de l'eau du lac Oubeira

II. Etude microbiologique des eaux

Dans le domaine de l'hygiène et la sécurité des produits alimentaires, les analyses bactériologiques les plus souvent concernées ne sont pas les micro-organismes pathogènes, mais les germes jouant un rôle d'indicateurs sans que leur présence constitue nécessairement un risque en soi pour la santé publique. Concernant l'eau du lac Oubeira, les analyses bactériologiques ont permis d'en déduire les résultats suivants :

II.1. Coliformes totaux :

Les coliformes totaux sont omniprésents dans la nature et sont associés à la matière organique en décomposition (pelouse, foin, bois, matières fécales, etc.). Pour qu'une eau soit considérée potable, le résultat doit être de moins de 10 UFC (Unité Formant Colonie) par 100 ml. Lors du dénombrement des coliformes totaux, sont également notées les colonies atypiques. Ces bactéries, comme leur nom l'indique, sont des bactéries présentant des caractères non typiques aux coliformes totaux et leur présence en nombre élevé est un signal d'alarme qui démontre une détérioration de la qualité de l'eau. Si le dénombrement de ceux-ci est supérieur à 200 UFC par 100 ml, l'eau est considérée impropre à la consommation.

D'après les résultats microbiologiques, dans les trois stations du lac Oubeira et durant les trois campagnes (novembre, janvier et mars), la majorité des eaux constitue beaucoup de coliformes totaux qui sont supérieurs à 40 colonies/100ml (Fig15.)

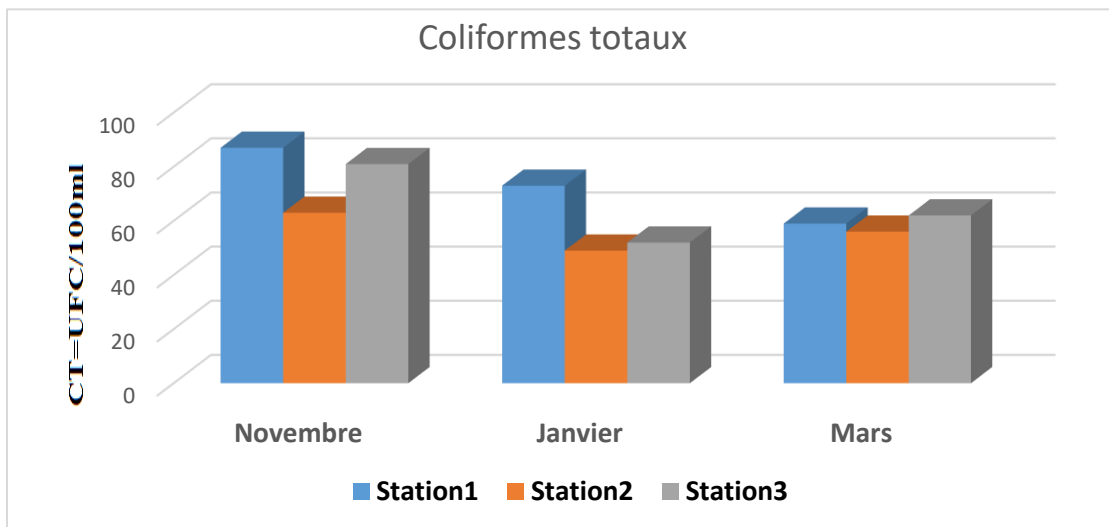


Figure 15 : Variations des coliformes totaux de l'eau du lac Oubeira

II.2. Coliformes fécaux :

Les coliformes fécaux et les entérocoques proviennent d'une pollution fécale animale ou humaine et démontrent la présence potentielle d'organismes pathogènes capables de causer des maladies entériques. D'après les résultats microbiologiques, les coliformes fécaux, dans les trois stations du lac indiquent des valeurs importantes durant les 3 campagnes d'étude avec une concentration moyenne de (20 colonies/100 ml) (Fig16.). Les valeurs obtenues indiquent une présence d'une source de matières fécales (fumier, fosse septique ou autre).

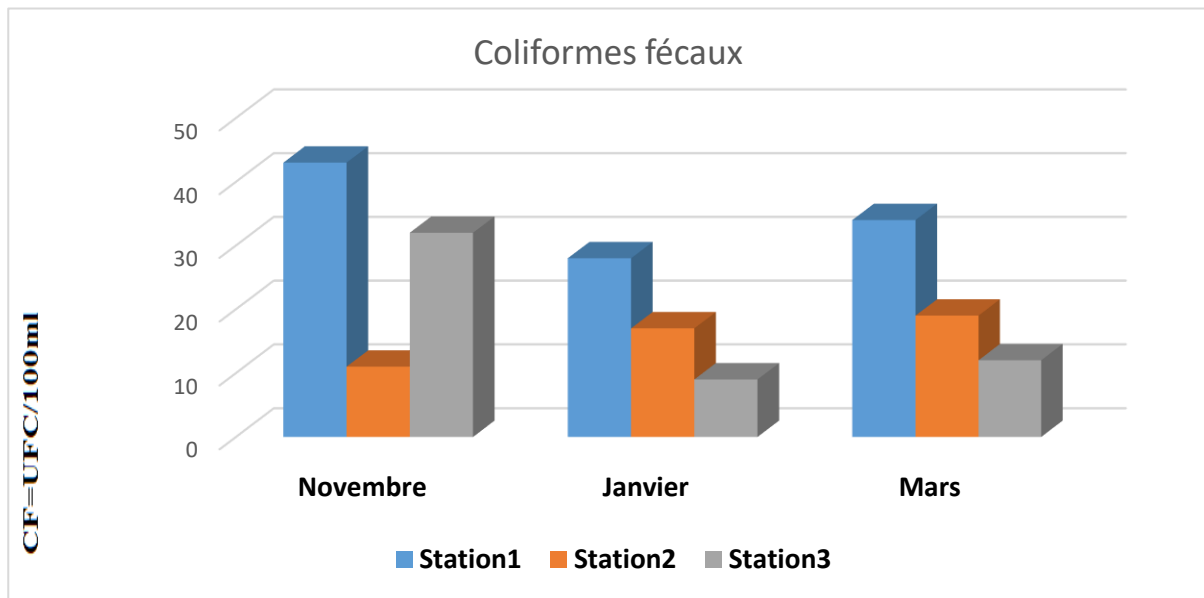


Figure 16 : Variations des coliformes fécaux de l'eau du lac Oubeira

II.3. Streptocoques fécaux :

La même exigence pour les coliformes fécaux est portée sur les Streptocoques fécaux, c'est aussi le cas de l'eau étudiée ; on constate la présence des Streptocoques fécaux durant les trois mois (novembre, janvier et mars) avec des valeurs importantes qui constitue : S1 (une moyenne de 53 SP), S2 (Moy : 40SP), S3 (Moy : 21 SP)

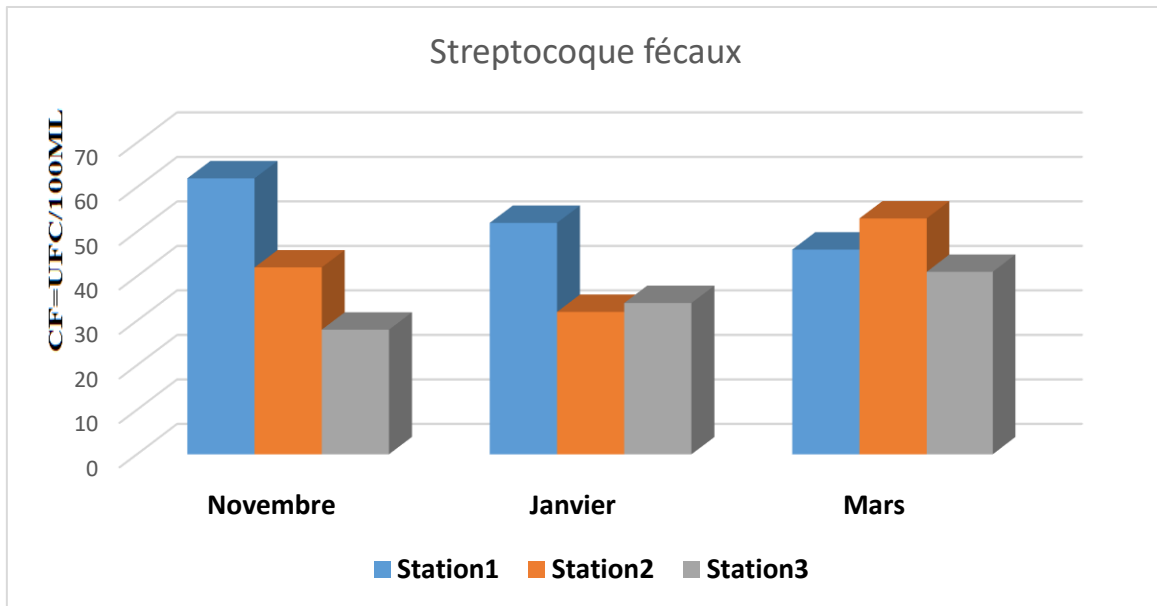


Figure 17 : Variations des streptocoques fécaux de l'eau du lac Oubeira.

III. Discussion :

L'eau est un élément naturel essentiel à la vie humaine, à son essor économique et social et à l'équilibre écologique de son cadre de vie sur la planète terre.

L'étude de la qualité des eaux a permis de mettre en évidence l'importance des caractéristiques physico-chimiques des eaux au sein de la région du parc national d'El Kala. De manière générale, l'étude hydrogéochimique des eaux du lac Oubeïra permet de dire que :

- ✓ Les valeurs de pH mesurées varient de 6,9 à 7,8 indiquant que le pH des eaux du lac est neutre à légèrement alcalin.
- ✓ La conductivité électrique des eaux présente des valeurs de 400 à 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$, donc l'eau du lac Oubeira est peu minéralisée (faible minéralisation) et non salée.
- ✓ L'évolution temporelle en ions chlorures est marquée par un abaissement des teneurs en saison humide (hiver). Les faibles valeurs observées durant la période de pluies sont en relation avec les crues. Bien que les chlorures ne posent pas de danger pour la santé humaine mais à des niveaux supérieurs à 250 mg/l, le gout de l'eau deviendra salé.
- ✓ Les valeurs obtenues des nitrates ont dans les limites indiquées par l'OMS dans tous les points prélevés. La présence du nitrate dans les sources peut être due à l'utilisation des fertilisants dans les activités agricoles et les rejets d'eaux usées ce qui augmente le phénomène de dénitrification. Les nitrates ne produisent pas de couleur ou d'odeur dans l'eau et peuvent causer le cancer chez les humains lorsqu'ils sont consommés sur une longue période de temps (**Alam et al., 2012**). Les nitrites proviennent d'une transformation de l'ammonium par les bactéries. Leur présence est signe d'une pollution d'origine bactériologique et organique, elles dépassent de loin les normes et montrent des concentrations plus importantes en période humide qui est due aux apports d'engrais agricoles azotés sans négliger les apports anthropiques d'origine domestique, industrielle et agricole.

À partir des données de qualité de l'eau relative aux caractéristiques bactériologiques des eaux du lac Oubeira mesurée dans les trois campagnes de prélèvements (Novembre, Janvier et Mars 2019) montrent que :

- ✓ Les coliformes fécaux des eaux de sources varient entre 1 et 240 colonies / 100 ml. Les eaux du lac Oubeira qui dépassent les normes de l'OMS sont observées au niveau du S1

(Demnet rihana) durant les trois mois et cela est dû aux activités agricoles et l'élevage intensif aux bordures des lacs d'une part, et d'autre part les rejets urbains sont principalement liés aux rejets des Méchtats (regroupements familiaux) où les réseaux d'assainissement sont absents. La présence de bactéries coliformes fécales dans des niveaux très élevés peut indiquer les risques potentiels pour la santé et à la consommation humaine. Les bactéries de coliformes fécaux sont les indicateurs les plus couramment utilisés de pollution fécale dans l'eau et la nourriture.

- ✓ Lors du dénombrement des coliformes totaux, sont également notées les colonies atypiques. Ces bactéries, comme leur nom l'indique, sont des bactéries présentant des caractères non typiques aux coliformes totaux et leur présence en nombre élevé est un signal d'alarme qui démontre une détérioration de la qualité de l'eau.

CONCLUSION :

CONCLUSION :

Le but de cette étude est l'impact de l'irrigation par les eaux du lac Oubeira sur quelques paramètres physiologiques et biochimiques. Le lac Oubeira fait partie l'une des plus importantes zones humides de la région Nord-Est d'Algérie, tant dans le cadre écologique (richesse biologiques), hydrologique et que celui socio-économique. Le site indiqué porte principalement sur l'étude de quelques caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des eaux durant une période humide de l'année 2019-2020 (novembre, janvier et mars).

L'étude effectuée a montré que la qualité des eaux de ces lacs est influencée par des facteurs climatiques (évaporation, température) et les effets anthropiques (utilisées comme exutoire pour évacuation des eaux usées et les eaux de drainage et les déchets urbains et domestiques).

L'étude hydrochimique a montré que les eaux du lac Oubeira ont un pH neutre à légèrement alcalin et une conductivité électrique faible. Les résultats obtenus, concernant la variation des paramètres chimiques des eaux est sous influence des changements périodiques de la température, précipitations et évaporation. En ce qui concerne les teneurs en nitrites, elles dépassent de loin les normes et montre des concentrations plus importantes.

L'étude microbiologique nous à constater qu'il existe une forte contamination biologique de l'eau analysée par de nombreux germes qui dépassent les normes de l'OMS.

En perspective, il serait intéressant de compléter et d'approfondir cette étude si on veut sauvegarder le rôle réel des ces écosystèmes aquatiques par la surveillance et le contrôle de la qualité des eaux des zones humides de la région d'El Kala. Par exemple, il serait intéressant d'analyser les éléments traces métalliques (ETM) dans les eaux et d'évaluer l'influence de ces éléments sur quelques paramètres physico-chimiques notamment la température du milieu, le pH, l'oxygène dissous et la charge en matières organiques.

Références Bibliographiques

- **AMINOT. A & CHAUSSEPIED. M**, 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin CNEXO, Brest, p 395.
- **BEN ABDARREZZAK. A**, 2010. Caractéristiques physico-chimiques des eaux du lacs Témacine, Méggarine et Ayata et inventaire des espèces piscicoles de ces lacs. Mémoire d'ingénieur d'Etat. Université d'Ouargla
- **Benyacoub S et Chabbi Y**, 2000 : Diagnose écologique de l'avifaune du Parc National d'El Kala. Composition -statut -répartition. Synthèse, Publication de l'Université d'Annaba N°7. 98 p
- **BOUMARAF W.**, 2010 : Cartographie et impact de la qualité des eaux du lac Oubeïra sur la relation sol-végétation (Parc National d'El Kala). Mémoire de Magistère. Université Annaba.150p
- **BOUZIANI. M**, 2000. L'eau de la pénurie aux maladies. ISBN: 9961-71-071-1. Ed, iben khaldoun. p132.
- **Chambers P.A., Guy M., Roberts E., Charlton M., Kent N., Gagnon R., Grove C., Foster G., Dekimpe C & Giddings M.**, 2001. 6- Nutrients- Nitrogen and Phosphorus, *National Water Research Institute, NWRI. Scientific Assessment Report Series no 1.pp 23-26*,
- **CHAUVALLIER. H**, 2007. L'eau un enjeu pour demain. p 26.
- **Joleud L**, 1936 : Étude géologique de la région de Bône et de la Calle. Bull. Serv. Carte géol. Algérie (Typo litho et Cie, Alger), 2, série n° 12, 185 p.
- **HAMED. M, GUETTACHE A & BOUAMER L**, 2012, Etude des propriétés physicochimiques et bactériologiques de l'eau du barrage DJORF- TORBA Bechar. Mémoire d'Ingénieur d'état en Biologie. Université de Bechar. pp 7, 9.
- **GROSCLAUDE. G**, 1999. Un point sur l'eau. Tome II usages et polluants. Ed. INRA.Paris. p 210.
- **Manneville, O., Vergene, V. et Villepoux, O.** 1999 : Le monde des tourbières et des marais .Delachaux et Niestlé. 320p

- **MERABET. S,** 2010. Évaluation de la qualité physico-chimique des eaux brutes et Distribuées du barrage réservoir de Beni Haroun. Mémoire de magister chimie analytique. Université mentouri de Constantine. pp 4, 5,9.
- **Meybeck M & Pourriot R., 1995.** Les lacs et leur bassin. In : *Limnologie générale. Collection d'Ecologie No.25. Ed. Masson, pp.6-59.*
- **Ramade, F. 1984.** Elément d'écologie (Ecologie Fondamentale), Ed. Mc Graw Hill. 386p.
- **Rodier.1996**-L'analyse des eaux et interprétation des résultats physico-chimiques des eaux.
- **Seltzer, P.** 1946 : Le climat de l'Algérie. Institut et météorologie et physique du globe. Alger, 219 p +1 carte
- **Toutain F., 1974** : Etude écologique de l'humification dans les Hêtraies acidophiles Thèse du Doctorat. Etat. Unev Nancy I ,114p