



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

جامعة شاذلي بن جديد - الطارف
Université Chadli Bendjedid - El Tarf
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

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

Spécialité :
Toxicologie Industrielle et Environnementale

THEME

**Evaluation et identification des sources de pollution
des zones humides de la wilaya d'El Tarf
(Lac Tonga, Oubeira et El Mellah)**

Par :
BELABED Adel

Devant le jury :

Présidente : Dr. Boutabia Lamia

Université C. Bendjedid-El Tarf

Examineur : Dr. Rouag Rachid

Université C. Bendjedid-El Tarf

Promoteur : Pr. Telailia Salah

Université C. Bendjedid-El Tarf

2021- 2022

Remerciement

Tous d'abord je remercie le grand Dieu de m'avoir donné le courage et la patience de terminer mon travail

*Au terme de ce travail, je tiens à témoigner mon gratitude à Monsieur **Telailia Salah**, mon directeur de mémoire pour m'avoir formé, guidé, conseillé et critiqué quand c'était nécessaire en me poussé toujours vers l'avant.*

Je tiens aussi à remercier vivement mon membre de jury :

*Madame **Boutabia Lamia**, d'avoir bien voulue s'intéresser à ce travail et qui a bien acceptée de me faire le grand honneur de présider le Jury de ma soutenance.*

*Monsieur **Rouag Rachid**, d'avoir accepté d'examiner, d'évaluer ce travail et de siéger au jury de ma soutenance.*

*Je voudrais adresser mes plus vifs remerciements aux cadres du **Parc National d'El Kala** pour leur aide.*

Je tiens à remercier tous mes enseignants de la spécialité toxicologie industrielle et environnementale

Et en fin, que tous ceux qui m'aidé de près ou de loin à la réalisation de ce travail, trouve ici l'expression de mon profonde gratitude.

Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail et j'exprime ma
profonde gratitude :*

*A toute ma famille du plus petit au plus
grand et à tous les amis.*

A tous ceux qui sont proche de mon cœur.

Adel

Sommaire

Remerciement

Dédicace

Sommaire

Résumé

Abstract ملخص

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction.....2

Chapitre I Partie bibliographique

1. Généralité sur les zones humides.....	5
2. Définition des zones humides.....	5
3. Les rôles des zones humides	6
3.1. Rôles hydrologique	6
3.2. Epuration naturelle	6
3.3. Biodiversité	6
3.4. Stabilisation et protection des sols	6
3.5. Les fonctions climatiques	6
3.6. Aspect paysager et touristique	7
4. Principales menaces qui pèsent sur les zones humides	7
5. La pollution d'eau	7
6. La classification de la pollution aquatique	8
6.1 Selon l'origine	8
6.1.1 Pollution d'origine atrophique	8
6.1.1.1 Urbaine	8
6.1.1.2 Agricole	8
6.1.1.3 Industrielle	9

6.1.2	L'origine naturelle	9
6.2	Selon le type de la pollution	9
6.2.1	Pollution physique	9
6.2.2	Pollution chimique	10
6.2.3	Pollution biologique	10
6.2.4	La pollution bactérienne	10
6.2.5	La pollution virale	11
6.2.6	La pollution parasitaire	11
7	Les conséquences de la pollution	11
7.1.	Les mortalités liées aux altérations de la physico-chimie	11
7.2.	L'eutrophisation des milieux	12
7.3.	Des effets toxiques sur les êtres vivants	12
7.4.	La contamination microbiologique des êtres vivants.....	12
7.5.	Les perturbations endocriniennes	12

Chapitre II Cadre général

1.	Présentation de la région d'étude : le Parc National d'El Kala	14
1.1	Situation géographique	14
1.2	Statut juridique.....	14
1.3	Patrimoine	15
1.3.1	L'Ecosystème Marin	15
1.3.2	L'Ecosystème Dunaire	15
1.3.3	L'Ecosystème Lacustre	15
1.3.4	L'écosystème Forestier	19
1.4	Biodiversité du PNEK.....	20
1.4.1	Faune	20
1.4.2	: Flore	20
1.5	Caractéristiques physiques	20
1.5.1	Géologie.....	20
1.5.2	Pédologie	21
1.5.3	Hydrologie	21
1.5.4	Caractéristiques hydrologiques	22
1.6	Eléments de climatologie générale	22

1.6.1	Température	22
1.6.2	Pluviométrie	23
1.6.3	Hygrométrie.....	23
1.6.4	Les Vents	24
1.6.5	Synthèse climatique	24
1.6.5.1	Climagramme d'EMBERGER.....	24
1.6.5.2	Diagramme ombrothermique de GAUSSEN	26

Chapitre III Matériels et méthodes

1.	Cadre de l'étude	28
2.	Période et type d'étude	28
3.	Présentation des stations d'échantillonnage	28
4.	Etude de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux	31
4.1.	Matériel	31
4.2.	Echantillonnage	31
4.2.1.	Technique de prélèvement	31
4.2.2.	Transport des échantillons	31
5.	Analyses physico-chimiques et bactériologique	32
5.1	Méthodes d'analyse des paramètres physico-chimique	32
5.2	Méthodes d'analyse des paramètres bactériologique	32
5.2.1	Les germes recherchés	32
5.2.2	Méthode de recherche et de dénombrement des paramètres microbiologiques ...	33
6.	Enquête sur les stations au niveau du Parc National d'El Kala	38
6.1	Les Stations multi Services	38
6.2	Les stations d'épuration	38

Chapitre IV Résultats et discussion

1.	Résultats et interprétation des analyses physicochimiques et bactériologiques	41
1.1	Analyse Physicochimique	41
❖	Potentiel d'Hydrogène (pH)	42
❖	Conductivité électrique (CE)	42
❖	Salinité (en mg/l)	42
❖	Les Chlorures (Cl- en mg/l)	42

❖ La dureté total (mg/).TH	42
❖ L'Ammonium (NH ₄ ⁺ en mg/l)	42
❖ Le nitrate (NO ₃ ⁻)	42
❖ Le nitrite (NO ₂ ⁻)	42
❖ Ortho phosphate (PO ₄ ⁻)	42
1.2 Analyses bactériologiques :	43
❖ Dénombrement des coliformes totaux	43
❖ Dénombrement des coliformes fécaux	43
❖ Dénombrement des streptocoques fécaux	43
❖ <u>Clostridium sulfito-réducteurs</u>	43
❖ Escherichia coli (E. coli)	43
1.3 Détermination et calcul de la contamination microbiologique	45
1.3.1 Evaluation de la qualité microbiologique : présentation de l'indice	45
1.3.2 Application de la méthode de l'indice de contamination microbiologique ..	46
1.3.2.1 Les classes de contamination des eaux des oueds	46
1.4 Détermination de l'origine de la contamination fécale (CF /SF)	47
1.5 Résultat	48
1.6 Suggestions	49
Conclusion	58

Références bibliographiques

RÉSUMÉ

Les hydro-systèmes de l'éco-complexe des zones humides d'El-Kala constituent des écosystèmes d'une immense richesse, assemblés en un réseau complexe des lacs et de milieux humides. De nombreuses espèces fauniques les utilisent et en dépendent pour compléter leurs cycles vitaux. En plus de leur grande importance pour la biodiversité, ces milieux sont utilisés par les humains pour une variété d'activités, incluant l'exploitation agricole et le tourisme de nature. La qualité de ces eaux est très importante pour le développement de la biodiversité dans le PNEK.

L'un des principales causes de la pollution aquatiques qui affecte et dégrade la qualité d'eau lacs c'est le rejet des eaux usées directement sans traitement ou avec un niveau de traitement insuffisant dans ces eaux. Cela provoque une dégradation de l'écosystème entier.

Les oueds qui alimentent les lacs (Tonga ; Oubeira et El Melleh), des principaux cours d'eau de la wilaya d'El Tarf, connaît depuis plusieurs années, une dégradation de la qualité de ses eaux engendrées par différents rejets de polluant émis sans traitement dans les lacs. Ces rejets résultent de différentes activités urbaines, industrielles et agricoles.

Afin de suivre la qualité de ses eaux, nous avons choisi cinq sites de prélèvement repartis à : Oued El Kébir, Oued deyligraa (Lac Oubeira) ; Oued el hout ; Oued Elarg (Lac Tonga) ; Oued Boularoug (Lagune Melleh) l'échantillonnage a été réalisé durant le mois de mai de l'année 2022.

Les résultats des analyses physicochimique et bactériologiques des eaux ; montrent il existe une faible contamination des eaux, et le calcul de l'indice de contamination microbiologique a confirmé ce résultat.

Le rapport des coliformes fécaux/streptocoques fécaux est supérieur à 4, la contamination est par conséquent d'origine humaine due aux rejets des eaux usées domestiques non traitées dans l'oued ainsi que les débordements des réseaux d'égouts.

Mots clés : Zones humides, Lac Tonga ;Lac Oubeira , Lac Melleh ; Oued El Kébir, Oued deyligraa , Oued el hout , Oued Boularoug, Oued Elarg , analyses physiochimique , analyses bactériologique.

ABSTRACT

The hydro-systems of the wetlands eco-complex of El-Kala constitute ecosystems of immense richness, assembled in a complex network of lakes and wetlands. Many wildlife species use and depend on them to complete their life cycles. In addition to their great importance for biodiversity, these environments are used by humans for a variety of activities, including farming and nature tourism. The quality of these waters is very important for the development of biodiversity in the PNEK.

One of the main causes of aquatic pollution which affects and degrades the quality of lake water is the discharge of wastewater directly into these waters without treatment or with an insufficient level of treatment. This causes degradation of the entire ecosystem.

The wadis that feed the lacs (Tonga; Oubeira and El Melleh), of the main rivers of the wilaya of El Tarf, have been experiencing for several years a deterioration in the quality of their waters caused by various discharges of pollutants emitted without treatment in lakes. These discharges result from various urban, industrial and agricultural activities.

In order to monitor the quality of its waters, we have chosen five sampling sites distributed at: Oued El Kébir, Oued deyligraa (Lac Oubeira); Oued el hout; Oued Elarg (Lac Tonga); Oued Boularoug (Lagune Melleh) the sampling was carried out during the month of May of the year 2022.

The results of the analyzes physicochemical and bacteriological waters ;show there is low water contamination, and the calculation of the microbiological contamination index has confirmed this result.

The ratio of faecal coliforms / faecal streptococci is greater than 4, the contamination is therefore of human origin due to discharges of untreated domestic wastewater into the wadi as well as overflows from the sewer networks.

Key words :Wetlands, Lac Tonga; Lac Oubeira, Lc Melleh; Oued El Kébir, Oued deyligraa, Oued el hout, Oued Boularoug, Oued Elarg, physiochemical analyses, bacteriological analyses.

ملخص

تشكل النظم المائية للمجمع البيئي للمناطق الرطبة في الحظيرة أنظمة بيئية ذات ثراء هائل، مجمعة في شبكة معقدة من البحيرات والمناطق الرطبة. تستخدمها العديد من أنواع الحياة البرية وتعتمد عليها لإكمال دورات حياتها. بالإضافة إلى أهميتها الكبيرة للتنوع البيولوجي، يتم استخدام هذه البيئات من قبل البشر في مجموعة متنوعة من الأنشطة، بما في ذلك الزراعة والسياحة الطبيعية. تعد جودة هذه المياه مهمة جدًا لتطوير التنوع البيولوجي في الحظيرة الوطنية للقالبة.

أحد الأسباب الرئيسية للتلوث المائي الذي يؤثر على جودة مياه البحيرة ويؤدي إلى تدهورها هو تصريف المياه مباشرة في هذه المياه دون معالجة أو بمستوى غير كافٍ من المعالجة. هذا يسبب تدهور النظام البيئي بأكمله.

الوديان التي تغذي البحيرات (طونقة، أوبيرة، والملاح)، من البحيرات الرئيسية لولاية الطارف، تشهد منذ عدة سنوات تدهورًا في جودة مياهها بسبب التصريفات المختلفة للملوثات المنبعثة دون معالجة في البحيرات. تنتج هذه التصريفات من مختلف الأنشطة الحضرية والصناعية والزراعية.

من أجل مراقبة جودة مياهها، اخترنا خمسة مواقع لأخذ العينات موزعة في: (واد الكبير، واد داي القرع) بحيرة أوبيرة (واد الحوت وواد العرق) بحيرة طونقة (واد بولعروق) بحيرة الملاح تم أخذ العينات خلال شهر ماي من عام 2022.

نتائج التحليل الفيزيوكيميائية والجرثومية للمياه تبين أن تلوث المياه منخفض، وقد أكد حساب مؤشر التلوث الميكروبيولوجي هذه النتيجة. نسبة القولونيات البرازية والمكورات العقدية البرازية أكبر من 4، وبالتالي يكون التلوث من أصل بشري بسبب تصريف مياه الصرف الصحي المنزلية غير المعالجة في الواد وكذلك الفيضانات من شبكات الصرف الصحي.

الكلمات المفتاحية: المناطق الرطبة، بحيرة طونقة، بحيرة أوبيرة، بحيرة الملاح؛ واد الكبير، واد داي القرع، واد الحوت، واد بولعروق، واد العرق، تحاليل فيزيوكيميائية، تحاليل جرثومية.

LISTE DES FIGURES

Figure n°01 : l'origine de la pollution anthropique.....	9
Figure n°02 : carte de situation du parc national d'El-Kala.....	14
Figure n°03 : Le complexe des zones humides du Parc National d'El Kala.....	15
Figure n° 04 : Lac Tonga.....	17
Figure n° 05 : Lac Oubeira.....	17
Figure n° 06 : Lagune El Melleh.....	18
Figure n° 07 : lac noir.....	18
Figure n° 08: Aulnaies d'Ain khiar.....	19
Figure n° 09 : Carte des ressources hydrique du Parc National d'EL Kala (réseau hydrographique).....	21
Figure 10 : Climagramme d'Emberger de la région d'El-Kala (période 1991-2010).....	25
Figure 11 : Diagramme ombrothermique de GAUSSEN pour la période (1996-2007).....	26
Figure n°12 : Carte des points de prélèvement.....	30
Figure n°13 : Les tubes d'analyses au laboratoire.....	33
Figure n°14 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux ; fécaux en milieu liquide.....	35
Figure n°15 : Recherche et dénombrement des streptocoques en milieu liquide.....	36
Figure n°16 : Recherche et dénombrement des spores des Bactéries anaérobies sulfitoréductrices (ASR).....	37
Figure n° 17: Carte localisation des stations d'épuration.	39
Figure n°18 : Classe d'altération.....	45
Figure n°19 : l'indice des eaux des oueds.	47

LISTE DES TABLEAUX

Tableau n°01 : Les principaux cours d'eau de l'aire du Parc	22
Tableau n°02 : Températures minimales, maximales et moyennes mensuelles de la région d'El Kala (1991-2010).	23
Tableau n°03 : Moyennes mensuelles des précipitations dans la région d'El Kala (1991-2010).....	23.
Tableau n°04 :Hygrométrie de la région d'El-Kala pour la période (2000 - 2010).	24
Tableau n° 05 : Les différentes stations de prélèvement.....	31
Tableau n° 06 : Les Stations multi Services	39
Tableau n°07 : Quelques paramètres selon les normes algériennes pour l'analyse de l'eau superficielle..	39
Tableau n° 08 : Grille de qualité (IQM).	54
Tableau n° 09 : Valeurs des indices et des classes de contamination des eaux des oueds.....	54
Tableau n°10 : Résultats de rapport CF /SF.....	56

LISTE DES PHOTOS

Photo n° 01 : Oued Elarg.....	28
Photo n° 02 : Oued El Hout.....	28
Photo n° 03: Oued El Kébir.....	29
Photo n° 04: Oued Dey ligraa.....	29
Photo n° 05: Oued Boularoug.....	29
Photo n° 06: Flacons d'échantillonnages.....	31

LISTE DES ABREVIATIONS

OMS	Organisation Mondial de la Santé
CT	Coliformes Totaux
CTT	Coliformes Thermotolérants
SF	Streptocoques Fécaux
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
UFC	Unités Formants Colonies
TTC	Chlorure Tréphenyl Tétrazolium
IQM	Indice de contamination microbiologique
°C	Degré
h	Heure
ml	Millilitre
µm	Micromètre
mm	millimètre
Cm	Centimètre
Km	Kilomètre
Km ²	Kilomètre carré
%	Pourcent
-	Négative
+	Positive
PO4-2	Ortho-phosphate
pH	Potentiel Hydrogène
TH	Dureté ou titre hydrométrique
E Coli	Escherichia Coli
ASR	Anaérobie Sulfite Réducteur
S.aureus	Staphylococcus aureus
SO4-	Sulfate
NPP	nombre plus probable

Introduction

INTRODUCTION

De par leur position d'interface entre milieu terrestre et milieu aquatique, les zones humides sont de véritables réservoirs de la biodiversité et figurent parmi les écosystèmes les plus riches d'un point de vue écologique. Les zones humides hébergent une diversité exceptionnelle d'espèces animales et végétales (**RAMSAR, 2000**).

Leurs fonctions biologiques, hydrologiques et biogéochimiques permettent également aux zones humides d'assurer un certain nombre de services parmi lesquels la régulation du régime hydrologique, l'atténuation des crues et des sécheresses, l'alimentation en eau, l'épuration de l'eau, la maîtrise de l'érosion, le captage des matières nutritives, des sédiments et des polluants, ou encore la séquestration et le stockage de carbone, qui jouent un rôle essentiel dans le contexte des changements climatiques (**COSTANZA et al., 1997**).

Le Parc National D'El-Kala abrite une mosaïque de zones humides dont l'ensemble constitue un complexe, considéré et à juste titre, comme unique dans le bassin méditerranéen.

Depuis plus de cinquante ans, la pollution est l'un des plus graves problèmes auxquels est confronté notre monde moderne. On entend par pollution, la présence dans l'environnement des grandes quantités de produits chimiques dangereux, généralement créés par l'homme, dont les effets nuisibles peuvent se faire durant de longues périodes sur toute la planète. Cette pollution peut affecter l'eau ; le sol et l'air. Elle peut être évidente. Comme elle peut être beaucoup moins visible (**HUBERT, 1984**).

Aujourd'hui de nombreuses zones humides algériennes sont par nature vulnérables car elles dépendent, pour leur survie de l'eau provenant de leurs bassins versants, eau qui peut être captée ou qui peut transporter déchets et polluants.

A cet effet, et dans le cadre de notre travail, nous avons tenté à travers un suivi réalisé au niveau des principaux lacs du Parc national d'el Kala d'identifier les différentes sources de pollution par des analyses physico-chimiques et bactériologiques au niveau d'un certain nombre de stations « Oued El Kébir, Oued deyligraa; Oued el hout ; Oued Elarg; Oued Boularoug» qui alimentent les lacs ce qui nous permet de contribuer à l'évaluation de la qualité et l'importance de la qualité des zones humides pour la biodiversité en particulier, et le fonctionnement de l'écosystème d'une manière générale.

Enfin, l'identification des sources de pollution pouvant aboutir à moyen et à long terme à la détérioration et/ou la perte des zones humides qui va se répercuter sur l'avifaune tributaire de ces sites et proposition de mesures relative à la conservation et l'aménagement des zones humides ainsi que des propositions de mesures de protection et de conservation cette richesse.

Le présent travail est basé sur l'échantillonnage des principaux Oueds qui alimentent les lacs (Tonga ;Oubeira et El Mellah) et consiste en une évaluation des sources de pollution .

L'interprétation des résultats est faite par une traduction des analyses pour identifier les différentes sources de pollution entre les paramètres physico-chimiques et bactériologique.

Afin d'atteindre les objectifs visés, nous avons dégagé quatre chapitres :

Le premier consacré à l'étude bibliographie, qui est un rappelle sur les zones humides, aussi la pollution.

Le second chapitre concerne le cadre général de la zone d'étude (PNEK) tel que la situation géographique...

Le troisième chapitre c'est matériel et méthodes, ce chapitres donne un aperçu sur les caractéristiques générales des sites de prélèvement, et représente les démarches pour analyser la qualité de différents échantillons d'eau.

Le quatrième chapitre relatif à la présentation de la discussion des résultats.

Et enfin en termine avec une conclusion, dans laquelle nous avons synthétisé nos résultats et développé les perspectives de cette étude.

Chapitre I

Partie Bibliographique

1. Généralité sur les zones humides

Les zones humides sont définies comme des espaces de transition entre terre et eau, elles constituent en effet une catégorie particulière de systèmes écologiques ou écosystèmes qui se différencient par leurs caractéristiques et leurs propriétés des deux autres grandes catégories représentés par les écosystèmes terrestres et les écosystèmes aquatiques

(BARNAUD et FUSTEC, 2007).

Cette situation d'interface entre la terre et l'eau se rencontre dans de nombreuses situations : bords de lacs, d'étangs, de ruisseaux, rivières, fleuves, deltas ou baies, etc. Le terme générique « zones humides » désigne donc un ensemble de milieux naturels extrêmement différents mais possédant tous le point commun d'avoir un fonctionnement intimement lié à l'eau.

2. Définition des zones humides

Plusieurs définitions des zones humides existent parmi lesquelles on peut citer :

- **La convention de Ramsar (1971)** définit dans son article 1, les zones humides comme étant des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce ou saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres.

Elle prend donc en compte des milieux tels que les récifs coralliens ou les herbiers marins ainsi que les cours d'eau et milieux souterrains, qui sont en revanche exclus de la définition établie par le code de l'environnement.

- **Selon le code de l'environnement**, les zones humides sont des « terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire ; la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année ».

Les zones humides ou milieux humides sont des écosystèmes particuliers : ce sont des intermédiaires entre les écosystèmes terrestres et les écosystèmes aquatiques. Il existe une grande variété de milieux humides sur la planète. L'eau qui les alimente peut être douce, saumâtre ou salée. Les conditions climatiques et géologiques, le pH et les conditions d'hydromorphologie sont très variables **(BARNAUD et FUSTEC, 2007)**. Leur sol peut être submergé en permanence ou seulement lorsqu'il subit des battements de nappes ou les cycles de marée. Les zones humides sont plus ou moins reliées entre elles et avec les autres écosystèmes aquatiques.

3. Les rôles des zones humides :

3.1. Rôles hydrologique :

Les zones humides ont une fonction capitale dans le maintien des réseaux hydrologiques d'un bassin versant. Elles permettent, en fonction de la variation de ses surfaces, le contrôle des inondations par l'étalement des crues.

Elles permettent de maintenir le niveau des nappes souterraines, de lutter contre les crues, de piéger les sédiments, de stabiliser le littoral, de purifier l'eau, de recycler les nutriments et de réguler les microclimats. Alors que pendant la saison sèche les vastes zones humides alimentent les aquifères.

En outre, en absorbant les agents des contaminations, les zones humides neutralisent les eaux usées.

3.2. Epuration naturelle :

Les zones humides, avec ses composants en flores et sols, jouent une fonction capitale dans la réduction des agents polluants, telles que le phosphore et l'azote, transporter par la nappe et les cours d'eaux, Conformément à les processus suivants :

-Sédimentation.

-Dénitrification.

-Absorption des contaminants des eaux usées.

Ainsi, deux rôles principaux sont identifiés : un rôle tampon (interception et rétention de phosphore et des métaux) et un rôle d'épurateur vis-à-vis de l'azote (Sayad, 2008).

3.3. Biodiversité :

En fonction de leur grande hétérogénéité, les zones humides hébergent une diversité et une richesse spécifique très diversifié et avec des effectifs incroyable. Bien que les écosystèmes d'eau douce ne couvrent qu'un pour cent de la superficie terrestre, ils contiennent plus de 40 pour cent des espèces de la planète et 12 pour cent de toutes les espèces animales (Halassi, 2010).

3.4. Stabilisation et protection des sols :

La flore adaptée aux des zones humides fixe les berges et les rivages en participant ainsi à la protection des terres contre les déférentes types d'érosion.

3.5. Les fonctions climatiques :

A travers les caractéristiques des zones humides (sols et flores), les phénomènes d'évaporation intense d'eau et de l'évapotranspiration peuvent influencées localement sur la précipitation et la température atmosphérique, donc les zones humides participent aussi à la régulation des microclimats.

Du point de vue des changements climatiques, les zones humides jouent au moins deux rôles qui, pour être différents, n'en sont pas moins vitaux : d'une part, dans la gestion des gaz à effet de serre (en particulier le dioxyde de carbone) et, d'autre part, en tamponnant concrètement les effets des changements climatiques (Halassi, 2010).

3.6. Aspect paysager et touristique :

Les zones humides sont des destinations touristiques idéales avec leur beauté naturelle et leur biodiversité animale et végétale que l'on y trouve.

Il existe une relation étroite entre les fonctions écologiques et les valeurs économiques des zones humides : que l'on touche à l'une des composantes, et c'est le rôle de l'ensemble qui risque d'être perturbé. De ce fait, leur gestion doit être conçue de manière intégrée dans le cadre de projets de développement durable et d'aménagement raisonné.

(Zeraoula, 2012)

4. Principales menaces qui pèsent sur les zones humides :

Comme beaucoup de pays, certaines zones humides Algériennes sont menacées par plusieurs facteurs, dont les plus importants sont les suivants :

- ❖ L'utilisation des zones humides comme une décharge publique et lieux de rejets des eaux usées, décharge de matériaux ferreux, débris, gravats et ordures (CREN, 2011) ;
- ❖ La dégradation de ces milieux par le manque d'entretien et le développement excessif des roseaux, phragmites et algues ;
- ❖ La chasse et le braconnage qui déciment la faune des zones humides ;
- ❖ Le surpâturage qui entraîne la disparition du couvert végétal ;
- ❖ Le tourisme ;
- ❖ La pollution et intensification de l'agriculture : traitement phytosanitaires, épandages de fumures animales, amendements et engrais (nitrates et phosphates) ;
- ❖ Modification des cours d'eau par la lutte contre les crues et l'assainissement agricole ;
- ❖ Introduction d'espèces exotiques menaçant les espèces indigènes peuvent provoquer un déséquilibre écologique ;
- ❖ L'eutrophisation (enrichissement en élément du milieu : azote, phosphore...) qui conduit à la fermeture du milieu par développement excessif de la végétation. (Oumeddour et Bouden, 2017)

5 La pollution d'eau :

La pollution c'est une modification défavorable du milieu naturel qui apparaît en totalité ou en partie comme le sous-produit de l'action humaine au travers d'effets directs ou indirects altérant les modalités de répartition des 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 au travers des ressources en produits agricoles, en eau, et autres produits biologiques. (Manfredi et al, 1988).

Elle présente sous plusieurs formes : pollution atmosphérique, des sols et aquatiques. Cette dernière forme est particulièrement préoccupante puisque l'eau est absolument indispensable à tous les êtres

vivants de la planète. L'eau est une source de vie. (Khellou, 2012).

La pollution aquatique c'est l'introduction directe ou indirecte de substances ou de chaleur dans l'eau susceptible de modifier sa composition chimique et de causer un danger pour la santé de l'écosystème. La pollution bactériologique est une des plus grandes causes de mauvaise qualité de l'eau. (James and Joyce, 2004).

Elle est un souci majeur pour la protection des écosystèmes et des ressources en eaux. Et l'objet de plusieurs études aussi bien au niveau des eaux superficielles que souterraines.

6 La classification de la pollution aquatique :

6.1 Selon l'origine :

La pollution des eaux peut avoir de multiples origines qu'il s'agisse des pollutions atrophiques : domestiques urbaines, industrielles et agricoles (Figure n° 01), ou naturelles.

6.1.1 Pollution d'origine atrophique :

6.1.1.1 Urbaine :

L'origine des eaux résiduaires urbaines (ERU) est principalement domestique. La pollution domestique est la conséquence d'une utilisation quotidienne de l'eau dans la maison (tâches ménagères, cuisine, entretien d'un jardin, toilette...etc.).

Ces effluents sont un mélange d'eaux contenant des déjections humaines (eaux vannes) et d'eau de toilette et de nettoyage des sols et des aliments (eaux ménagères). Les eaux domestiques sont riches en déchets organiques, en graisses (eau de cuisine), matières minérales (eau de salle de bain), azote, phosphore, et contiennent également des sels minéraux et des métaux. Les détergents contiennent des matières minérales, tels que les phosphates qui entraînent la prolifération des algues dans le milieu naturel s'ils ne sont pas traités. Les eaux usées urbaines peuvent également contenir des eaux résiduaires d'origine industrielle ou artisanale, mais normalement ces dernières doivent avoir subi un prétraitement leur donnant des caractéristiques comparables à celles des eaux usées domestiques pour permettre un traitement en commun. (Aziz, 2014).

6.1.1.2 Agricole :

L'agriculture, l'élevage, l'aquaculture et l'aviculture sont responsables du rejet de nombreux polluants organiques et inorganiques dans les eaux de surface et souterraines. Ces contaminants comprennent à la fois des sédiments provenant de l'érosion des terres agricoles, des composés phosphorés ou azotés issus des déchets animaux, des engrais commerciaux notamment des nitrates et des produits phytosanitaires (herbicides et pesticides) utilisés pour les traitements des végétaux.

L'agriculture est une source de pollution avérée provenant de l'utilisation abusive des engrais. (Tridi, 2020).

6.1.1.3 Industrielle :

Le développement accéléré des techniques industrielles modernes a engendré une pollution très importante. En effet, celle-ci est devenue plus massive, plus variée et plus insidieuse. Devant l'extrême diversité de ces rejets, une investigation propre à chaque type d'industrie est nécessaire. Il est donc primordial d'être parfaitement informé sur les procédés de fabrication et le circuit des réactifs et des produits (Dégremont, 1989). Les effluents déversés sans traitement approprié entraînent des changements indésirables dans le milieu récepteur. (Gouri, 2017).



Figure n° 01 : l'origine de la pollution anthropique.

6.1.2 L'origine naturelle :

Implique un phénomène tel que la pluie, lorsque par exemple l'eau de ruissellement passe à travers des terrains riches en métaux lourds ou encore lorsque les précipitations entraînent les polluants de l'atmosphère vers le sol. (Boumont et *al*, 2004).

6.2 Selon le type de la pollution :

Selon le type de polluant, on peut classer la pollution en trois catégories : pollution physique, pollution chimique et pollution biologique.

6.2.1 Pollution physique :

On parle de ce type de pollution quand le milieu pollué est modifié dans sa structure physique par divers facteurs. Elle regroupe la pollution mécanique (effluents solides), la pollution thermique (réchauffement de l'eau) et la pollution nucléaire (retombées de radioéléments issus des explosions d'armes nucléaires, résidus des usines atomiques et accidents nucléaires). (Gouri, 2017).

6.2.2 Pollution chimique :

La pollution chimique de l'eau est devenue de nos jours une préoccupation de santé publique qui prend des formes multiples. Certaines formes de pollutions chimiques échappent souvent aux méthodes ordinaires de traitement de l'eau et posent par conséquent des problèmes complexes de pollutions, tant au niveau des eaux de surface (rivières) qu'au niveau des nappes souterraines.

Elle est due essentiellement aux déversements des polluants organiques et des sels de métaux lourds par les unités industrielles. Le plus souvent, ces industries rejettent dans le milieu naturel plusieurs catégories de polluants dont les plus menaçants sont les métaux lourds. L'enrichissement des sols pour intensifier l'agriculture par diverses catégories d'engrais et de pesticides est également à l'origine de la pollution chimique des sources et des nappes souterraines. Les polluants chimiques sont classés à l'heure actuelle en cinq catégories : les substances chimiques dites « indésirables » qui sont (les nitrates, les composés phosphorés, les sels ammoniacaux, les phénols, les fluorures), les pesticides et produits apparentés, les substances toxiques, les détergents, les colorants et autres éléments toxiques. (Bouziani, 2000).

6.2.3 Pollution biologique :

La pollution microbiologique résulte de la présence dans l'eau de microorganismes qui peuvent proliférer dans ce milieu naturel, par ce que ce dernier est un milieu favorable aux développements et aux transports des bactéries, des virus, des parasites et des algues nuisibles à la santé humaine, donc l'eau sert d'habitat naturel et/ou d'un simple moyen de transport de ces organismes pathogènes. On parle ainsi de pollution bactérienne, virale, ou parasitaire... (Moussa, 2014).

6.2.4 La pollution bactérienne :

Les eaux polluées peuvent contenir de très nombreuses colonies de bactéries pathogènes. La plupart de ces pathogènes sont d'origine fécale car ils sont plus connus et facile à rechercher et à dénombrer, et leur transmission dite oro-fécale (Bennana, 2013). Parmi les germes pathogènes les plus répandus dans l'eau, on distingue :

- ✓ Les germes banals : les bacilles coliformes, les protéus,
- ✓ Les bacilles dysentériques dont les Shigella et le bacille de flexner,
- ✓ Les salmonelles, dont le Salmonella typhi, Salmonella paratyphi A et B et les bacilles Gartner et Morgan qui survivent peu de temps dans l'eau propre,
- ✓ Les vibrions cholerae qui survivent plus longtemps dans l'eau et peuvent provoquer de graves épidémies,
- ✓ Les mycobactéries (bacilles de Kokh), sont responsables de plusieurs types d'infections tuberculeuses,

- ✓ Les leptospires sont fréquemment retrouvés dans les eaux de rivières, et les eaux d'égouts,
- ✓ D'autres bactéries : Staphylocoques, le spirobacter ictérogène, la pasterelle tularensis. (Bouziani, 2000).

6.2.5 La pollution virale :

Les virus constituent l'entité biologique la plus abondante dans les écosystèmes aquatiques. Ils présentent un intérêt direct en santé humaine et capables de provoquer des infections chez l'homme. (Schwartzbrod, 2000).

Leur présence dans l'eau est liée à une élimination humaine, par les selles, plus rarement par les urines ou les excréctions nasopharyngées. On connaît plus de 100 types de virus pathogènes regroupés sous le nom de virus entériques, ils appartiennent à plusieurs familles et genres. (Bouziani, 2000).

Ces virus entériques sont retrouvés dans les eaux usées avant de contaminer le milieu naturel. (Gantzer et al, 1998).

6.2.6 La pollution parasitaire :

Les parasites sont généralement véhiculés dans l'eau sous forme : d'œufs, de kystes ou de vers. Ils ne sont pas détruits par la chloration et par les autres méthodes de désinfection chimique mais peuvent être éliminés mécaniquement à l'aide d'une bonne filtration de l'eau de boisson. (Bouziani, 2000).

Il existe deux types de parasites présents dans le milieu hydrique :

- ✓ Les helminthes ;
- ✓ Les protozoaires.

7 Les conséquences de la pollution :

Les conséquences de la pollution des milieux aquatiques sont multiples. Elles conduisent à des **mortalités massives d'espèces**, mais elles ont aussi des effets moins visibles : une **eutrophisation** des milieux, des effets toxiques à plus ou moins long terme, des maladies ou des **perturbations endocriniennes**.

7.1. Les mortalités liées aux altérations de la physico-chimie :

Les altérations physico-chimiques sont des modifications des caractéristiques des milieux, comme la salinité, l'acidité ou la température de l'eau. Passé un certain seuil, ces modifications deviennent toxiques pour les organismes vivant dans le milieu.

Parmi tous les paramètres qui constituent la physico-chimie, l'oxygène est particulièrement déterminant pour la faune et la flore. Une quantité d'oxygène dissous trop faible pour assurer la vie des êtres vivants est qualifiée d'hypoxie.

7.2. L'eutrophisation des milieux :

L'eutrophisation est l'ensemble des symptômes que présente un écosystème aquatique à la suite d'un apport excessif de nutriments - en particulier le phosphore et l'azote - d'origine humaine (en savoir plus sur l'azote et le phosphore). L'apport de substances qui contiennent ces nutriments - comme par exemple les nitrates et les phosphates - stimule fortement la croissance des organismes végétaux, entraînant le développement soudain de plantes ou d'algues, qualifié de "prolifération végétale". Ce phénomène est accentué par les températures élevées, l'abondance de lumière et le faible renouvellement de l'eau.

7.3. Des effets toxiques sur les êtres vivants :

À partir d'une certaine dose, les substances polluantes ont un effet toxique sur les êtres vivants. Cela signifie que, lorsqu'elles pénètrent dans l'organisme (essentiellement par ingestion, mais parfois par respiration), elles sont néfastes à sa survie ou sa santé. Une distinction est faite entre la toxicité aiguë et la toxicité chronique.

La toxicité aiguë est la réaction soudaine de l'organisme à une quantité importante d'une substance toxique. Elle peut entraîner la mortalité partielle ou totale des différents êtres vivants dans le milieu pollué. Parfois, elle ne provoque pas de mortalité mais réduit fortement la capacité des organismes à survivre à une autre perturbation.

7.4. La contamination microbiologique des êtres vivants :

Une contamination microbiologique correspond à la présence dans l'eau de bactéries, de parasites ou de virus pathogènes, c'est-à-dire capables de provoquer des maladies. Essentiellement d'origine fécale, leur présence dans l'eau est principalement liée au rejet d'eaux usées insuffisamment épurées dans le milieu. D'autres types de microbes peuvent aussi être transmis par la présence de cadavres d'animaux - dans un ruisseau par exemple. Dans les milieux stagnants, comme les plans d'eau, existent aussi des cyanobactéries : ces algues microscopiques ne transmettent pas de maladies, mais elles peuvent produire des toxines potentiellement mortelles.

7.5. Les perturbations endocriniennes :

Certaines substances sont capables d'interagir avec le système hormonal, en particulier les fonctions reproductrices ou le métabolisme. En effet, leur structure moléculaire est suffisamment proche de certaines hormones naturelles - la testostérone par exemple - pour perturber le fonctionnement naturel du système hormonal. Ainsi, l'effet de ces polluants n'est pas directement toxique mais provoque des modifications d'ordre physiologique, appelées perturbations endocriniennes. Par ailleurs, ces substances peuvent avoir un effet même à de très faibles doses, comme les micropolluants. Elles sont susceptibles d'avoir des effets différents, ou renforcés, lorsqu'elles sont en mélange. [1]

Chapitre II
Cadre Général

1. Présentation de la région d'étude : le Parc National d'El Kala :

1.1 Situation géographique :

Le Parc National d'El Kala, le plus étendu des parcs du nord de l'Algérie avec une superficie de 76 438 Ha, et abrite une population estimée à 140 000 habitants, situé à l'extrême Nord-Est algérien, il est intégralement inclus dans la Wilaya d'El Tarf, correspondant presque au tiers de la superficie globale de cette dernière.

Il s'étend sur 04 Dairates : El-Kala, El-Tarf, Bouteldja, Ben Mhidi ; répartis sur 09 communes ; El-Tarf Bougous, El-Kala, Ain –Assel, EL Aioun, Bouteldja, Souarekh, Berrihane et Raml Souk.

(Plan de gestion 4 du PNEK)

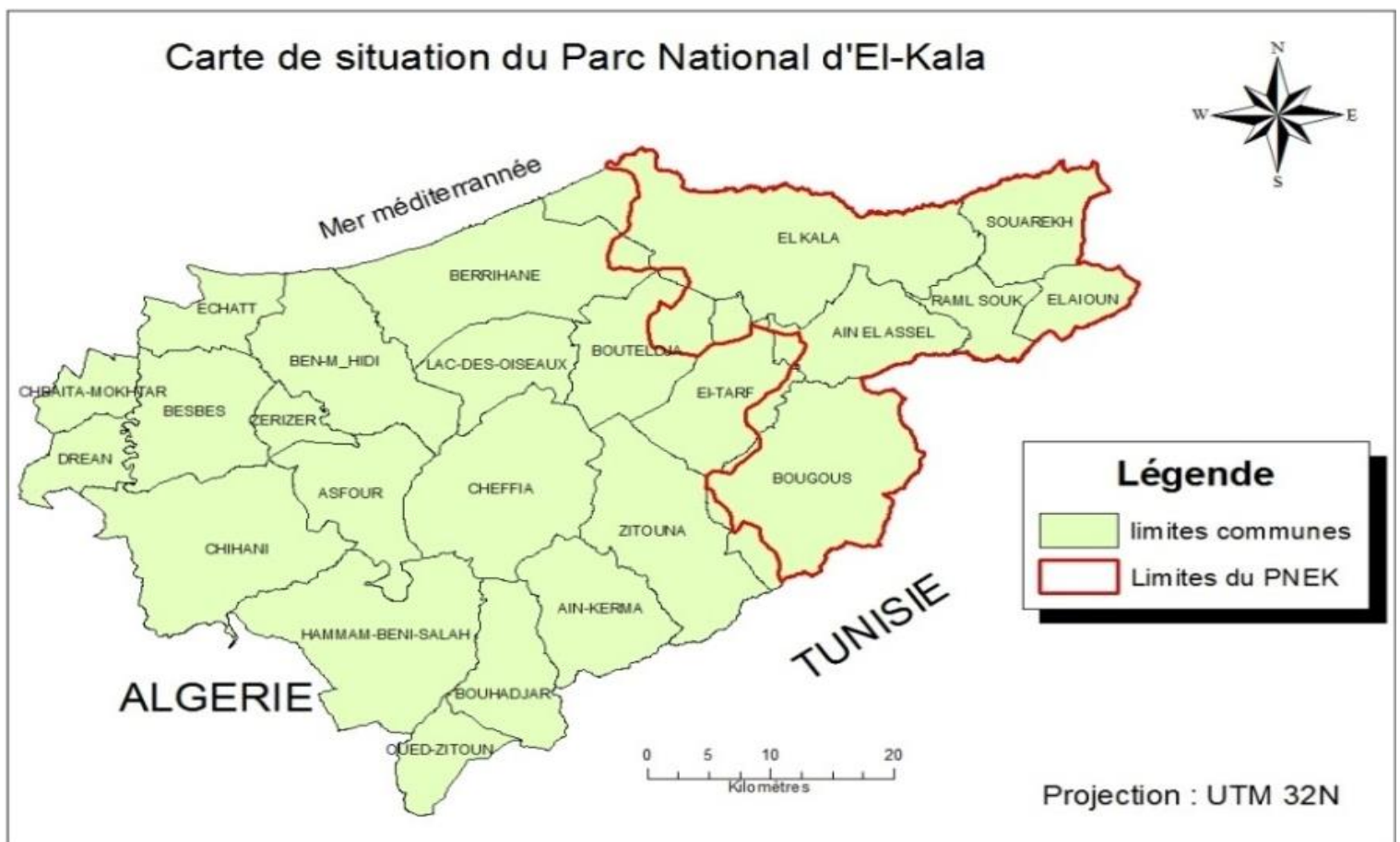


Figure 02 : carte de situation du parc national d'El-Kala

1.2 Statut juridique :

Le Parc national d'El-Kala a été créé le 23 juillet 1983 par décret. Sa création « répondait à la nécessité d'un besoin de préserver un riche patrimoine écologique composé d'une mosaïque d'écosystèmes terrestres et lacustres d'une grande diversité faunistique et floristique ». **(Plan de gestion 4 du PNEK)**

1.3 Patrimoine :

Le Parc national d'El-Kala est composé d'une mosaïque d'écosystèmes (marin, dunaire, lacustre et forestier).

En plus de son classement comme réserve de la biosphère par l'UNESCO, le parc compte également cinq sites inscrits sur la liste Ramsar comme habitat de la sauvagine : **les lacs Tonga** (2600 ha) et **Oubeira** (2200 ha), la réserve intégrale de la tourbière du lac Noir, les Aulnaies de Ain Khia (180 ha) ainsi que les **lacs Mellah** et Bleu classés à leur tour en 2004 et, dernièrement le Marais de Bourdim (11 ha) en 2009.

Dans son ensemble, Le Parc National d'El-Kala est composé de :

1.3.1 L'Ecosystème Marin :

Long d'une quarantaine de kilomètres entre le Cap-Rosa et le Cap-Segleb, il se caractérise par une succession de criques et de plages dont les plus importantes sont (Vieille Calle, Cap-Rosa et Messida), qui lui confère un caractère paysager sauvage et naturel.

Cet écosystème abrite du Corail rouge, des espèces de poissons, ainsi que des Mammifères marins tels que le Dauphin commun et le Phoque-moine. (Sarri, 2017)

1.3.2 L'Ecosystème Dunaire :

C'est un vaste complexe dunaire long de 40 km et large de 1 à 4 km, parsemé de dépressions lacustres de 0,5 à 4 ha (lac Bleu), et une altitude variant entre 20 et 120 m. Il est encore stable comme en témoigne le cortège floristique avec des espèces indicatrices telles que : *Juniperus phoenicea*, *Retam bovei*, *Juniperus oxycedrus* et *Quercus coccifera*...

1.3.3 L'Ecosystème Lacustre :

Englobe tous les milieux où l'eau est présente de façon permanente ou intermittente, qu'elle soit douce ou saumâtre, courante ou stagnante. Nous trouverons donc dans cette unité les lacs, marais, lagune, tourbières, aulnaies et ripisylves, cours d'eau, sources, etc....

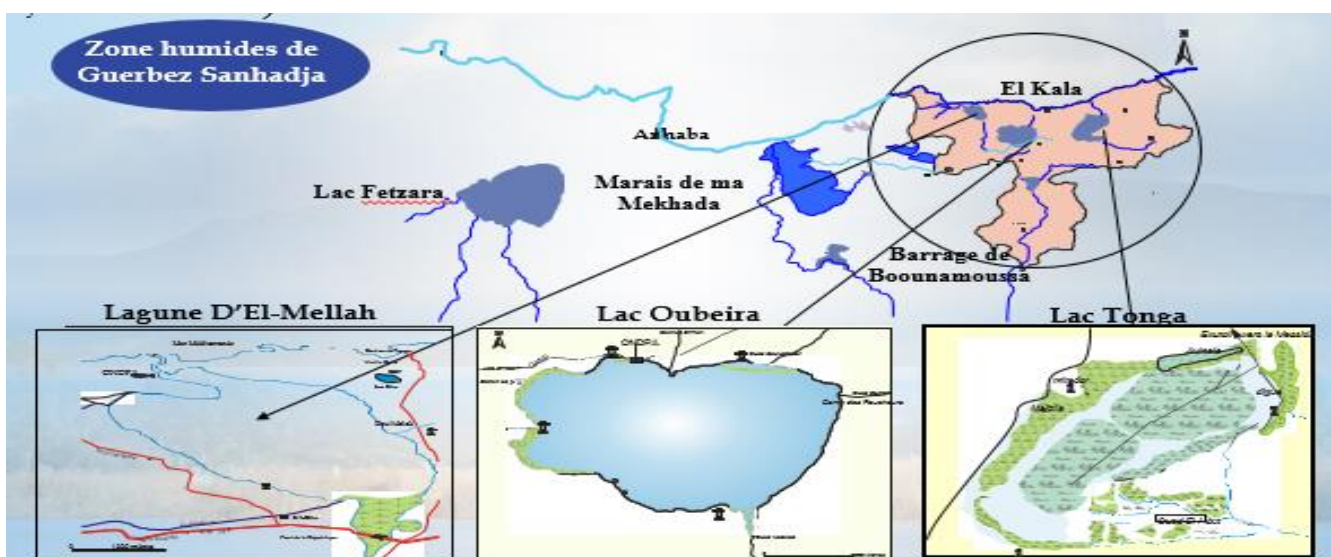


Figure n° 03 : Le complexe des zones humides du Parc National d'El Kala

➤ **Lac Tonga :**

Le lac Tonga est situé à l'extrême Nord-Est de l'Algérie couvrant une superficie de 2700 ha, c'est un étang et marais d'eau douce qui communique avec la mer par le chenal de la Messida, il est alimenté par de nombreux affluents et par deux oueds importants **El Hout** au Sud et **El Eurg** au Nord. C'est également un site de nidification pour plusieurs espèces dont certaines sont très rares comme l'Erismature à tête blanche (**Bahrour, 2003**)

C'est une zone marécageuse qui prend, par endroit, en hiver, les formes d'un étang d'eau douce et, en été, celles d'un marécage. Il est situé à 5 km au sud-est d'El-Kala et à 65 d'Annaba. Ses coordonnées géographiques au centre sont 36° 51' 511 Nord – 8° 30' 100 Est. Sa longueur, selon un axe Nord-est – Sud-ouest, est de 7,1 km. Sa largeur selon un axe est-ouest passant par le centre est de 3,5 km en moyenne. En pleine eau, Le plan d'eau du lac joue un rôle important dans la maîtrise des crues en période hivernale, comme il retient les sédiments arrachés en amont qui participent à son comblement (Raachi mohamed lamine. 2007).

-Classée en 1983 comme un site d'importance internationale, elle constitue un lieu d'habitats des oiseaux d'eau. Ce site a fait l'objet d'actions anthropiques d'assèchement au profit de pratiques agricoles. Cependant il a pu retrouver sa vocation de milieu naturel.

-Le bassin versant du lac Tonga est localisé dans le Parc National d'El-Kala (PNEK) à l'extrême Nord-Est de l'Algérie. Ses coordonnées géographiques sont comprises entre OS'29.et os'3s' et 36' 30' .a environ 3km de la frontière algéro-tunisienne à l'est, et à l'ouest d'environ son km des complexes industriels d'Annaba.

- lac Tonga qui s'étend sur 7,5 Km de long et 4 Km de large, il est limité sur toute sa partie Ouest, Sud et Est par les derniers contreforts des montagnes de la Kroumirie, au Nord-Ouest par les collines gréseuses qui le séparent du lac Oubeira et au Nord par le cordon dunaire littoral qui le sépare de la mer méditerranée. D'une profondeur moyenne de 1.5a 2m distant de 3 km à la mer et relié à cette dernière par le Chenal den la Messida. À 2 m distant de 3 km à la mer et relié à cette dernière par le chenal de la Messida. (Raachi mohamed lamine. 2007).

- ✓ Le bassin versant du Tonga présente diverses formations géologiques
- ✓ Sols de marécages : formés de limons de bas-fonds.
- ✓ Alluvions limoneuses : formées de sable et limons récents.
- ✓ Des argiles, grés et calcaires noirs de l'Éocène moyen qui constituent les contreforts entourant le lac.

Du point de vue hydrogéologique, deux formations sont observées dans la région : les formations perméables et les formations peu perméables. Les grés, les argiles numidiennes, ainsi que les argiles et les

limons appartiennent aux formations peu perméables. Leur perméabilité est faible, elle varie entre 10.6 mis dans les argiles et les grés, et 10' à dans les limons et les argiles alluvionnaires.

On peut distinguer trois sous-bassins versant dans la cuvette du Tonga :

- Le bassin versant **d'Oued Elarg** et le bassin versant **d'oued El Hout**.

La zone qui s'étend depuis la bordure Sud du massif dunaire de la rive gauche de la Messida jusqu'à la rive sud du lac.



Figure n° 04 : Lac Tonga

➤ **Lac Oubeira :**

C'est un lac d'eau douce de 2.200 ha, caractérisé par une ceinture de végétation autour de la berge, l'existence de nombreuses espèces végétales rares et c'est l'un des sites d'hivernages le plus important pour les canards et foulques dans la région.

Le lac Oubeira est plan d'eau de moins de 6 m de profondeur, situé à 5 km au sud-ouest D'El-Kala et 54 km à l'est d'Annaba. Ses coordonnées géographiques au centre du plan d'eau sont 36° 50' 695 Nord– 8° 23' 272 (Zahra brahmia,(2002)

Le lac **Oubeïra** est alimenté essentiellement par les oueds Messida et Bouhachicha au Sud et **Oued Dey Legraa** au Nord. Les eaux d'Oued El Kébir s'écoulent vers le lac.



Figure n° 05 : Lac Oubeira

➤ **Lagune de Mellah :**

D'une superficie égale à 860 ha, c'est une lagune en liaison avec la Mer méditerranée. L'eau est salée avec un taux de sel de 8.5 g /l, elle est caractérisée par des prairies à salicornes.

Localisée à 36°53' N et 08°20' E. Le Mellah est alimenté surtout par Oued Boularoug, Oued Mellah et Oued R'guibet. Son bassin versant couvre une superficie de 77 Km².



Figure n° 06 : Lagune El Melleh

(Oumeddour et Bouden, 2017)

➤ **Lac Noir :**

Le Lac Noir est une tourbière qui couvre près de 5 ha, inscrit en 2003 sur la liste RAMSAR comme zone humide d'importance internationale. Cette zone humide est située à proximité du chemin de la wilaya CW109 reliant la ville d'El-Kala à Annaba. L'altitude moyenne est de 15m, c'est un ancien marais entouré d'une forêt dense de chêne liège et chêne vert. Le site est considéré comme un type rare de zones humides de la région méditerranéenne.



Figure n° 07 : Lac Noir

➤ **Aulnaies d'Aïn Khiar :**

C'est un écosystème sensible et fragile, caractéristique du Parc National d'El-Kala, extrêmement rare en Algérie et ailleurs, d'altitude comprise entre 0 à 3m et d'une superficie égale à 170 ha.



Figure n° 08 : Aulnaies d'Aïn khiair

(Oumeddour et Bouden, 2017)

1.3.4 L'écosystème Forestier :

Le PNEK abrite un ensemble forestier de 54.000 ha caractérisé surtout par des peuplements naturels de Chêne liège et Chêne zéen. La subéraie fait partie de la grande aire de répartition du chêne liège qui se prolonge jusqu'en Tunisie. La diversité topographique de cette région détermine un étagement naturel de la végétation.

D'une manière générale et à basse altitude, les subéraies plus ou moins altérées succèdent à des maquis dont le degré de dégradation est subordonné aux actions anthropiques. Cette mosaïque de milieux est traversée par des ripisylves qui longent les divers cours d'eau de la région (Oued El-Kébir, Oued Bou-Arroug, ...etc.). Les espèces d'arbres rencontrées dans ces derniers sont le Peuplier blanc, l'Aulne, l'Orme et le Frêne.

Au-delà des plaines, l'effet de l'altitude se manifeste par la présence d'une subéraie de mieux en mieux développée grâce à une pluviométrie plus abondante. Ce phénomène est illustré par la subéraie de Djebel El-Ghorra, les arbres sont en effet très développés (15 m de haut environ) et le recouvrement y est important. Au-delà de 900m d'altitude dans le massif d'El-Ghorra, la zeenaie remplace progressivement la subéraie et forme un peuplement dense et stable.

Sur la façade littorale à l'Est du Parc National d'El-Kala, au niveau de la frontière algéro-tunisienne (Segleb), le Pin maritime à l'état naturel se trouve en mélange avec le peuplement de Chêne liège.

Par ailleurs, les formations forestières de plaines se trouvent émaillées çà et là par des reboisements de Pin pignon, Pin maritime et d'Eucalyptus. **(Sarri, 2017)**

1.4 Biodiversité du PNEK

1.4.1 Faune :

La faune du parc est assez riche et diversifiée par la présence de différents milieux offrant des conditions favorables (quiétude et alimentation) à l'installation de nombreuses espèces particulièrement l'avifaune.

Du point de vue biologique, les études disponibles révèlent que le Parc abrite :

- 43 espèces de mammifères (90 pour l'Algérie),
- 204 espèces d'oiseaux nicheurs et de rapaces, inféodés au milieu aquatique et forestier (350 espèces pour l'Algérie),
- 24 espèces de reptiles et amphibiens (82 pour l'Algérie)
- 823 espèces d'invertébré dont 523 espèces d'insectes

Plusieurs espèces animales sont endémiques à la région, d'autres, autrefois plus largement réparties, ne vivent plus que dans la région comme le Cerf de Barbarie.

L'inventaire de la biodiversité animale marine qui n'est pas exhaustif est lié à la grande diversité de structures de fonds sableux et rocheux. A titre indicatif, la zone marine renferme :

- 126 espèces de poissons osseux
- 17 espèces de poissons cartilagineux
- 81 espèces de mollusques
- 47 espèces de crustacées
- 3 espèces de Brachinopodes
- 3 espèces de Tuniciens
- 4 mammifères marins
- 2 tortues de mer (**Plan de gestion 4 du PNEK**)

1.4.2 : Flore :

Le Parc National d'El Kala abrite le tiers de l'ensemble de la flore d'Algérie. Elle est représentée par les deux grands groupes du règne végétal qui sont les Cryptogames et les phanérogames. Le premier groupe est représenté par une trentaine de fougères, 98 espèces de champignons et 114 espèces lichéniques, le deuxième groupe est représenté par 780 espèces soit environs 30% de des spermaphytes de l'Algérie. (**Plan de gestion 4 du PNEK**)

1.5 Caractéristiques physiques :

1.5.1 Géologie :

L'origine du complexe des zones humides d'El-Kala date du Quaternaire, les mouvements tectoniques ont permis le creusement de sa cuvette. Au fond du lac se développent les argiles de Numidie qui assurent l'imprimabilité de cette dépression laguno-marine qui s'est transformée en lac d'eau douce par

Tableau 01 : Les principaux cours d'eau de l'aire du Parc (Sarri, 2017)

Principaux Oueds du territoire du Parc	Longueur (Km)	Exutoire
Oued Reguibet	8	Mellah
Oued Nehal	3,5	Plage Cap Rosa
Oued Mellah	7	Mellah
Oued El-Aroug	5	Mellah
Demat Rihane	1,5	Oubeira
Boumerchen	2	Oubeira
Dai El-Graa	5	Oubeira
Oued El-Aroug/Messida exutoire	10	Tonga
Oued El-Hout	14	Tonga
Oued Bougous/Balouta	24	Mexna
Oued Sebaa	4	Oued El-Kébir
Oued Bourdim	5	Bourdim/Oued El-Kébir
Oued Messida	10	Oubeira
Oued El-Kebir	35	Mafrag

1.5.4 Caractéristiques hydrologiques :

Le complexe des zones humides d'El-Kala « Tonga, Oubeira et Mellah » sont alimentés par de nombreux affluents et par des oueds. Il joue un rôle important dans la maîtrise des crues en période hivernale, le captage des sédiments et des matières arrachées par les crues en amonts et charriées vers le lac et la stabilisation des dunes littorales.

1.6 Eléments de climatologie générale :

Les données climatologiques proviennent de la station météorologique d'El Kala et correspondent à la période allant de 1991 à 2010.

1.6.1 Température :

La température est le facteur important qui contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition des espèces et des communautés des êtres vivants dans la biosphère. L'altitude permet une diminution d'un demi-degré par élévation de 100 m environ. D'autres éléments agissent sur la température, notamment l'exposition, l'orientation des reliefs ou encore l'éloignement de la mer **Daget (2003)**.

Dans la région d'El Kala, le mois le plus froid est janvier avec une température de 12.8 °C, alors qu'août est le plus chaud avec 27.2 °C. (Tab. 2).

Tableau 02 : Températures minimales, maximales et moyennes mensuelles de la région d'El Kala (1991-2010). Station météorologique d'El Kala (1991-2010)

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
T min. (°C)	9.51	9.65	11.4	12.21	14.75	17.9	21.69	22.91	23.95	17.83	12.63	10.83
T max (°C)	16.15	16.19	18.06	19.44	22.37	26.29	29.65	31.65	29.31	26.44	19.65	16.97
T moy (°C)	12.83	12.92	14.73	15.83	18.56	22.09	25.67	27.28	26.63	22.13	16.14	13.9

1.6.2 Pluviométrie :

La région d'El Kala compte parmi les régions les plus abondamment arrosées d'Algérie, toutefois pour la période allant de 1991 à 2010 la région d'El Kala a enregistré 641 mm de pluie. Le mois le plus pluvieux étant janvier avec 131.94 mm et le plus sec, juillet avec 2.5 mm (Tab. 3).

Tableau 03 : Moyennes mensuelles des précipitations dans la région d'El Kala (1991-2010).

Station météorologique d'El Kala (1991-2010)

MOIS	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	TOTAL
P (mm)	131.94	40.09	62.06	65.54	41.54	10.91	2.52	10.12	63.48	56.22	79.32	77.25	641

1.6.3 Hygrométrie :

Située dans une région marécageuse et étant à proximité de la mer qui joue le rôle de condensateur des masses d'air tropical, la région d'El-Kala est particulièrement humide.

Les zones humides subissant une évaporation parfois intense du fait de l'ensoleillement, sont à l'origine d'une humidité atmosphérique élevée, qui durant la saison sèche favorise le maintien d'une végétation éprouvée par un important déficit hydrique (**Benyacoub, 1993**).

L'humidité de l'air atteint des proportions fortes appréciables en saison estivale (53,63 à 77%) pour la période de « 2000 à 2010 ».

Tableau 04 : Hygrométrie de la région d'El-Kala pour la période (2000 - 2010).

Mois Année	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUI	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	Moy.
2000	84,5	89,3	73,3	70,5	74,1	71	72,5	71	69,4	58,7	70	90	74,5
2001	76,3	54,6	73,2	63	71,3	73,7	45,2	42	67	53	47,2	53,5	60
2002	61,2	58,9	49,2	61,8	65,2	53,1	53,8	75,1	72,9	58,7	58,6	61,6	60,8
2003	56	52,4	58,4	56,4	54,9	52,3	56,4	58,3	34,9	54,1	51,8	60	53,83
2004	76,7	59,4	57,4	62,4	57,3	61,8	53,2	53,9	73	69,8	72,7	74,9	64,3
2005	74,7	70,31	71,7	73,35	72,8	72,53	70,18	67,48	69,49	67	78,93	76,23	72,1
2006	80	76	78	75	74	70	73	75	73	69	75	79	74,67
2007	82	79	83	81	78	77	73	73	76	82	78	81	78,6
2008	79	79	81	75	76	77	75	73	72	77	76	80	70,1
2009	81	80	78	82	74	74	69	75	82	82	77	80	77,8
2010	81	86	79	80	81	79	76	76	81	81	80	77	79,75

1.6.4 Les Vents :

Les vents Nord-Ouest dominants connus dans la région, sont souvent chargés en humidité et en précipitations venus de l'Atlantique. La vitesse moyenne reste modérée car elle ne dépasse pas les 20m/s (De Blair, 1990).

Le régime des vents joue un grand rôle dans le méso climat de la région. D'une manière générale la période hivernale se caractérise par des régimes de nord et nord-ouest forts à modérés accompagnant les dépressions. En revanche la période estivale se caractérise par des vents de nord-est et sud ou sud-est chauds dont les effets sont particulièrement néfastes sur la végétation lorsque, combinés à un état de déficit hydrique, ils favorisent de violents incendies e forêts (Benyacoub et Chabi, 2000).

1.6.5 Synthèse climatique :

La méthode la plus connue pour caractériser le climat est basée sur le diagramme ombrothermique de Gaussen et sur le Quotient pluviothermique d'Emberger.

1.6.5.1 Climagramme d'EMBERGER

Le quotient pluviométrique d'EMBERGER a été calculé pour l'ensemble des périodes considérées par la formule :

$$Q = 3,43 (P/M-m)$$

Le quotient d'Emberger explique la relation pluviothermique par la formule suivante :

$$Q = [2PI (M+m) (M-m) J 100 \text{ (Ramade, 2002)}]$$

M: la moyenne des maxima des températures du mois le plus chaud.

m : la moyenne des minima des températures du mois le plus froid.

P : les précipitations annuelles exprimées en mm.

Pour la période 1991-2010 la moyenne des maxima du mois le plus chaud est de 31.65 °C (M) est la moyenne des minima du mois le plus froid de 9.51°C (m), les précipitations moyennes étant de 641mm (P).

Le Quotient pluviothermique de la région d'El Kala est : $Q=140$.

La région d'El-Kala est située donc dans l'étage climatique subhumide à hiver chaud (Fig. 11).

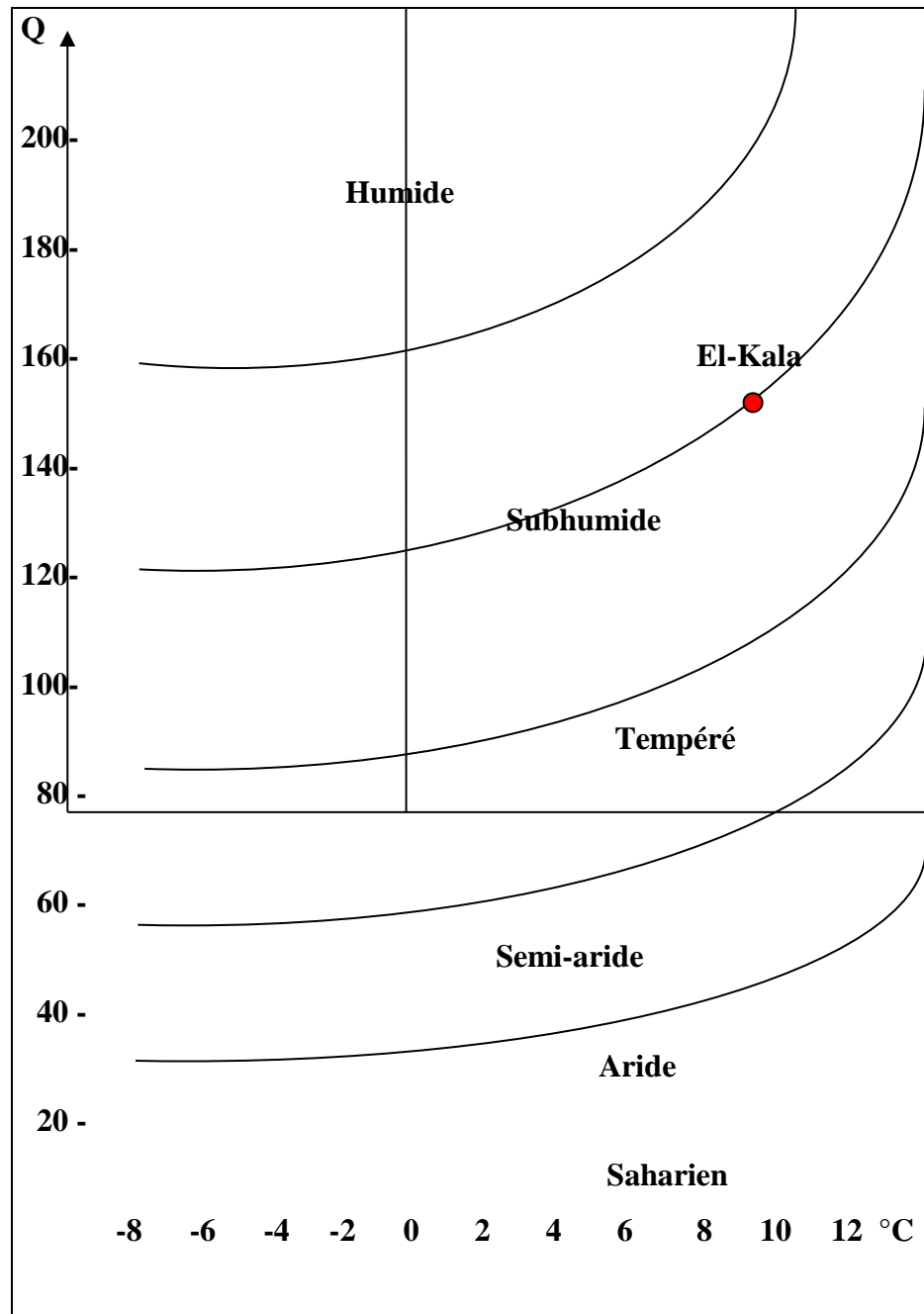


Figure 10 : Climagramme d'Emberger de la région d'El-Kala (période 1991-2010).

(Ramade, 2002)

1.6.5.2 Diagramme ombrothermique de GAUSSEN

Selon BAGNOULS, un mois est sec lorsque le total des précipitations P (mm) est égal ou inférieur au double de la température T (°C), une période sèche est une suite de mois secs, elle peut s'exprimer par $(P < 2T)$.

Le diagramme ombrothermique de Gausсен (Fig. 12) pour la période considérée, montre que l'année est répartie en une saison sèche allant de fin mai à début septembre et une saison humide allant de début octobre à fin avril.

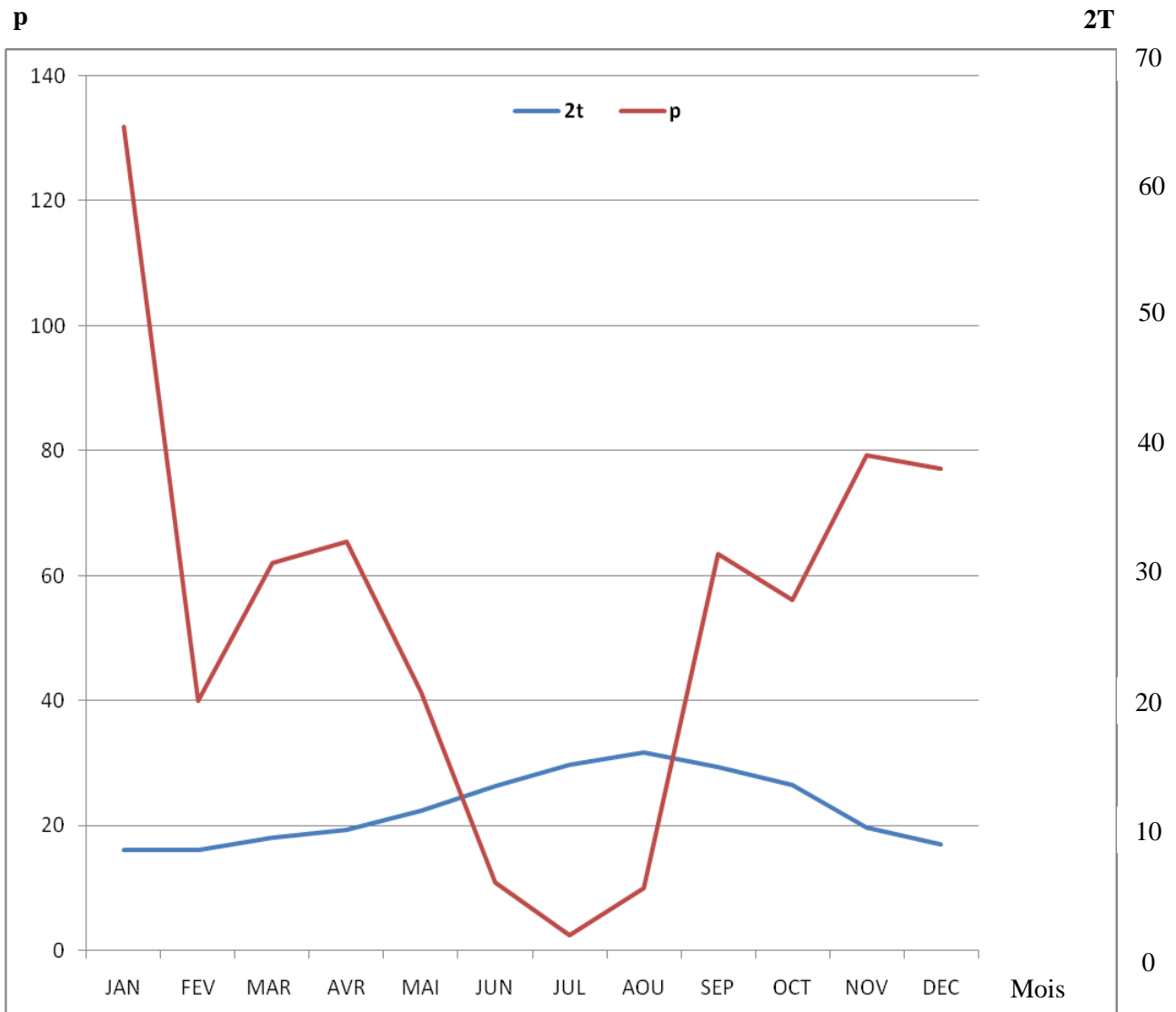


Figure 11 : Diagramme ombrothermique de GAUSSEN pour la période (1996-2007)



Chapitre III

Matériels &

Méthodes

1. Cadre de l'étude :

Notre étude s'est effectuée au niveau du laboratoire Horizon (Analyse du Sol et des Eaux) wilaya d'Annaba.

2. Période et type d'étude :

Nos analyses physicochimique et bactériologiques ont été effectuées sur les eaux de **cinq** stations (Oued El Kébir, Oued Dey Legraa; Oued el Hout ; Oued Elarg; Oued Boularoug) .

Les prélèvements ont été réalisés dans le mois de Mai durant l'année 2022.

Les paramètres physicochimiques étudiés sont les suivants : **PH, Conductivité (CE) , Salinité , Chlorures (Cl-), Dureté Total (TH), Ammonium (NH₄⁺), Nitrate (NO₃⁻), Nitrite (NO₂⁻) et (PO₄⁻³).**

Les paramètres bactériologiques étudiés sont les suivants : **Les coliformes totaux, les coliformes fécaux, les streptocoques, Clostridium Sulfitoréducteurs et Escherichia. Coli.**

3. Présentation des stations d'échantillonnage :

L'objectif de notre étude est d'évaluer la qualité des eaux des oueds en analysant les paramètres physico-chimiques et bactériologiques, nous avons choisie cinq stations de prélèvement.

Station 01 : Situé sous le pont routier Melloul, (commune Esouarekh) ; avant cette station on remarque le rejet des eaux usées d'agglomération de la commune Esouarekh; aussi l'existence d'ancien mine.



Photo 01 : Oued Elarg. (Belabed, 2022).

Station 02 : Situé sous le pont routier d'Oued El Hout (commune Raml el souk), avant cette station on remarque le rejet des eaux usées d'agglomération de la commune d'El Aioun.



Photo 02 : Oued El Hout. (Belabed, 2022).

Station 03 : Localisé sous le pont routier Oued El Kébir (commune Ain Assel), et quelques mechtat éparses ; aussi l'existence de station de traitement d'eau potable.



Photo 03: Oued EL Kebir (Belabed, 2022).

Station 04 : Situé sous le pont routier dey lagraa (commune El Kala), avant cette station on remarque le rejet des eaux usées des agglomérations cités des crêtes (nouvelle cité), cité Farnana ; commune El Kala .

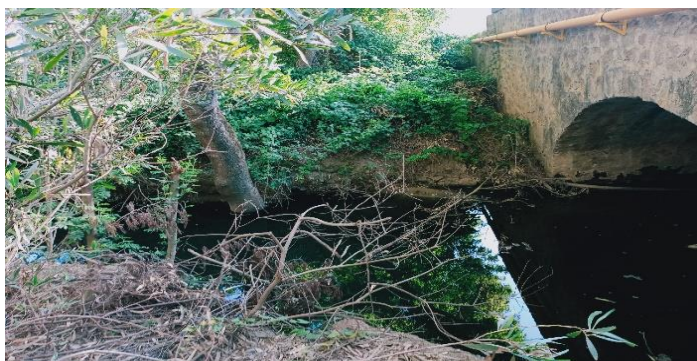


Photo 04: Oued Dey Legraa. (Belabed, 2022).

Station 05 : Situé sous le pont routier El Melha commune El Kala, avant cette station on remarque le rejet des eaux usées de Brabtia (Parc zoologique de Brabtia).



Photo 05: Oued Boularoug. (Belabed, 2022).

Les prélèvements effectués sous le pont routier permettant d'avoir facilement l'accès

Tableau n° 05 : Les différentes stations de prélèvement

Zone humides	Agglomération	Numéro de la station de prélèvement	Nom de la station	Les coordonnées géographiques	
				x	y
LAC OUBEIRA	Bougous Mexna	1	Oued kebir	36°46'18.71"N	8°21'43.27"E
	Mechtat day lagra Cité Farnana Cité les crêtes	2	Oued Dey Legraa	36°51'12.81"N	8°26'4.13"E
LAC TONGA	Meloul Mouchtab Haddada	3	Oued Elarg	36°53'13.07"N	8°33'13.45"E
	Oued El hout El Aioune	4	Oued El hout	36°49'32.44"N	8°32'1.39"E
LAGUNE ELMELLAH	El Malha parc zoologique	5	Oued Boularoug	36°51'45.78"N	8°20'5.31"E

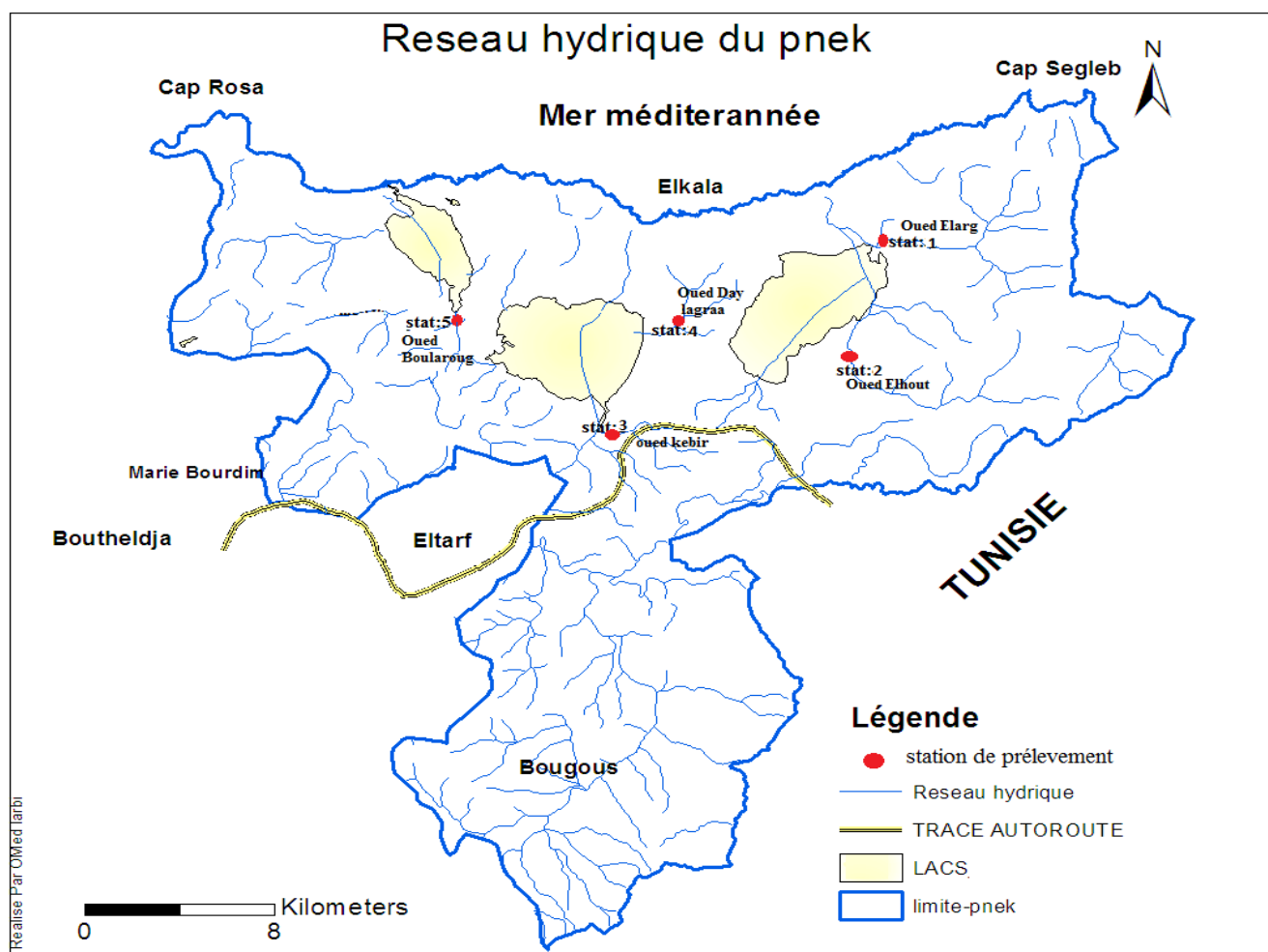


Figure n° 12 : Carte des points de prélèvement.

4. Etude de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux :

4.1 Matériel :

Les prélèvements destinés à l'analyse bactériologique ont été réalisés dans des flacons en verre de 250 ml munis d'un bouchon à vis métallique. Pour les prélèvements destinés à l'analyse physico-chimique, ils sont réalisés dans des flacons propres en plastiques.

Au cours de notre travail sur terrain on a utilisé le matériel suivant :

- ❖ Flacon stériles de 250 ml pour prélèvement d'eau ;
- ❖ Glacière pour transporter les échantillons ;
- ❖ Appareil photo numérique ;
- ❖ GPS pour relever les coordonnées de chaque point.

4.2 Echantillonnage :

Les échantillons seront recueillis dans des flacons soumis au préalable à un nettoyage rigoureux et stériliser pour l'élimination des bactéries. L'échantillon de chaque station doit être recueilli dans un flacon.

Chaque prélèvement est accompagné d'une fiche de renseignement sur laquelle est notée :

- ✓ L'origine de l'eau (eau d'oued)
- ✓ L'adresse exacte du lieu de prélèvement ;
- ✓ La date de prélèvement.

4.2.1 Technique de prélèvement :

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté. Il conditionne l'interprétation et les résultats analytiques.

L'échantillon doit être homogène et représentatif. (Rodier, 1994).

Les prélèvements ont été effectués manuellement à partir d'un plan d'eau. Des bouteilles ont été plongées à une profondeur de 10-15 cm. Elles ont été rincées plusieurs fois avec l'eau prélevée puis remplies jusqu'au bord et fermées hermétiquement. (Rodier, 1994).

4.2.2 Transport des échantillons :

Après le prélèvement, les échantillons d'eau doivent être conservés dans une glacière à une température approximative de 4 °C afin d'éviter toute modification de la composition chimique ou bactérienne d'eau.



Photo 06 : Flacons d'échantillonnages (Belabed, 2022).

5. Analyses physico-chimiques et bactériologique :

5.1 Méthodes d'analyse des paramètres physico-chimique :

❖ Mesures

- Potentiel hydrogène « pH » : Sa mesure était réalisée à l'aide d'un pH – mètres.
- Conductivité : Sa mesure se fait grâce à un multi-paramètre
- Taux des sels Le Taux des sels dissous -sa mesure se fait dans le laboratoire à l'aide d'un TDS mètre.
- Ammonium -Il est mesuré par un spectrophotomètre à environ 655nm..
- Nitrite et Ortho-phosphate -Méthode colorimétrique
- Nitrate - Méthode au salicylate de sodium..
- Magnésium et Calcium : Titrage molaire des ions calcium et magnésium avec une solution de sel disodique de l'EDTA à pH10.
- Sulfates -Spectrophotomètre UV Visible.
- Chlorure - Réaction des ions chlorure avec des ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui est précipité quantitativement.
- Dureté totale -Méthode titrimétrie à l'EDTA.

(Azaizia et Selaimia , 2013)

5.2 Méthodes d'analyse des paramètres bactériologique :

5.2.1 Les germes recherchés :

Ainsi, les germes recherchés sont les coliformes totaux (CT), les coliformes thermotolérants (CTT) et les streptocoques fécaux. Ces germes constituent à la fois un indicateur du niveau de pollution par des eaux usées et peuvent indiquer la présence de germes pathogènes. Plus le nombre de ces germes est important, plus le risque sanitaire augmente.

- ✓ **Les coliformes totaux (CT):** Ils sont définis comme l'ensemble des bactéries aérobies et anaérobies facultatives Gram négatif, non sporulantes, en forme de bâtonnet, qui sont capables de se multiplier en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface ayant des propriétés équivalentes et de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 48 heures à 35-37 °C.

Les principaux genres inclus dans le groupe sont : *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Klebsiella* et *Serratia*. La presque totalité des espèces est non pathogène et ne représente pas de risque direct pour la santé, à l'exception de certaines souches d'*Escherichia coli* (*E. coli*) ainsi que de rares bactéries pathogènes opportunistes.

La pertinence de ce groupe comme indicateur est aujourd'hui fortement contestée du fait que toutes les espèces incluses dans les CT ne sont pas spécifiques de la flore intestinale des animaux à sang

chaud. En effet, certaines espèces sont d'origine tellurique ou aquatique et sont capables de se développer dans l'environnement aquatique. (El attiffi el ouadrassi , 2011).

- ✓ **Les coliformes fécaux (CTT) :** Ce sont des bacilles gram négatifs, aérobie et anaérobie facultatifs, Oxydase (-) et Lactose (+). Les coliformes fécaux, ou coliformes thermotolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz à une température de 44,5 °C (Cheval, 1982). Les coliformes fécaux thermotolérants (44 °C) sont considérés d'origine humaine (Gaujous, 1995). Leurs présences dénotent normalement une pollution fécale.

L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est l'*Escherichia coli* (*E. coli*), il représente toutefois 80 à 90 % des coliformes fécaux détectés et dans une moindre mesure certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella*. l'*Escherichia coli* a la particularité de produire de l'indole à partir de tryptophane présent dans le milieu à une température comprise entre 42 ± 2 °C. (Labres et al, 2008).

- ✓ **Les streptocoques fécaux (SF) :** sont des cocci sphériques légèrement ovales et gram positifs. Ils se disposent le plus souvent en diplocoques ou en chaînettes, se développent mieux à 37 °C et ils possèdent le caractère homoférmatoire avec production de l'acide lactique sans gaz. Ils sont de bons indicateurs de pollution. Par contre, ils sont peu utilisés comme indicateurs d'efficacité de traitement car ils sont simplement plus résistants aux désinfectants. Ils sont responsables d'environ 20 % de toutes infections urinaires et d'environ 20 % de tous les cas d'endocardites. (Tridi, 2020).



Figure n° 13 : Les tubes d'analyses au laboratoire

5.2.2 Méthode de recherche et de dénombrement des paramètres microbiologiques :

- **Les coliformes totaux** sont des bâtonnets à Gram négatif, aérobie ou anaérobie facultatifs, non sporulés, fermentent le lactose avec formation de gaz, en 48 heures à 35-37°C.
- **Les coliformes fécaux** (thermotolérants) : coliformes dont l'habitat normal est le tractus intestinal et qui peuvent croître à 44°C, on les utilise comme indicateur de la pollution des eaux.
- **Les Escherichia coli** : correspondent à des coliformes thermotolérants qui produisent de

l'indole à partir du tryptophane et possèdent les caractères biochimiques spécifiques de cette espèce.

➤ **Principe :**

La recherche et le dénombrement des bactéries coliformes, coliformes thermotolérants et des *Escherichia coli* dans les eaux, en milieu liquide par la technique du NPP, se fait en deux étapes.

➤ **Mode opératoire :**

✓ **Test présomptif :**

Réserver pour la recherche des coliformes totaux. Fait sur un milieu sélectif (bouillon lactose à simple concentration), sa fermentation se traduit par un dégagement de gaz dans la cloche de Durham et un trouble après une incubation à 37°C pendant 24 heures.

✓ **Test confirmatif :**

Réserver pour la recherche des coliformes fécaux et *Escherichia coli* sur un milieu plus sélectif (milieu de Schubert) à une température de 44°C, à partir des tubes positifs du test présomptif.

➤ **La lecture :**

Les tubes où une poussée bactérienne est observée, avec dégagement de gaz dans la cloche de Durham, et où la coloration rouge résultant de l'addition du réactif de Kovacs témoigne de la production d'indole (*E. coli*).

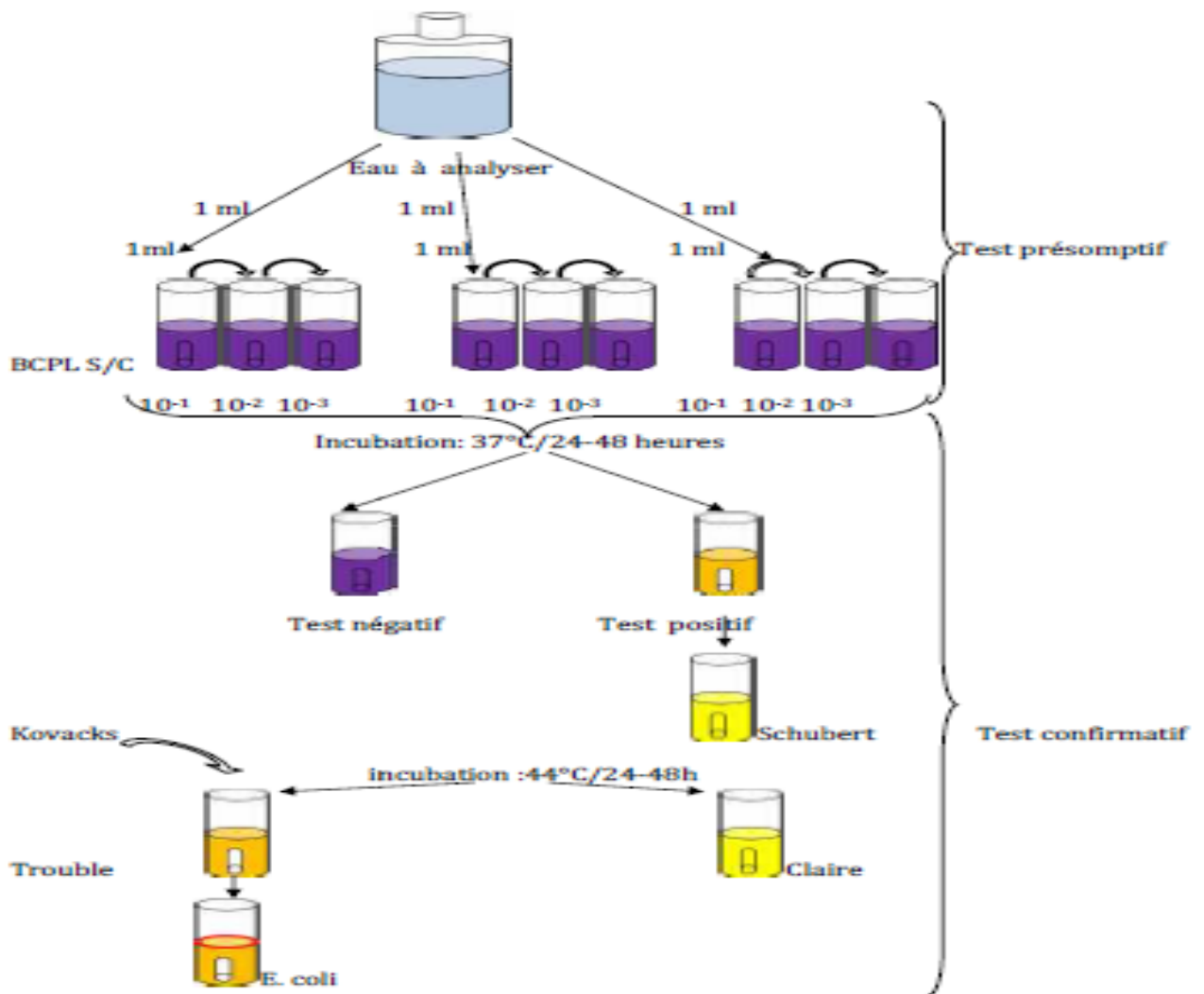


Figure n° 14 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux ; fécaux en milieu liquide

- **Les streptocoques fécaux :**

Les streptocoques fécaux (Entérocoques ou streptocoques D), sont des commensaux de l'intestin. Le nombre de streptocoques est en générale peu élevé. Elles se présentent sous forme de Cocci, souvent par paires ou chainettes, Gram positifs, non sporulant. Capsule souvent présente, aérobic facultatif, catalase négative et possédant l'antigène du groupe D.

- ❖ **Principe :**

Les streptocoques fécaux sont recherchés et dénombrés en milieu liquide par la technique du NPP.

- **Mode opératoire :**

La technique de recherche des Streptocoques fécaux nécessite deux tests :

- ✓ **Test présomptif :**

Réaliser sur le milieu de Rothe. L'incubation se fait à 37°C pendant 24-48 heures. La présence des streptocoques fécaux se manifeste par l'apparition d'un trouble microbien dans tout le milieu.

✓ **Test confirmatif :**

Se fait par repiquage des tubes positifs sur le milieu d'EvaLitsky. Incuber à 37°C pendant 24 à 48 heures. La présence de streptocoques D se caractérise par l'apparition d'un trouble dus au développement bactérien, avec ou sans dépôt violet. (Fig.15).

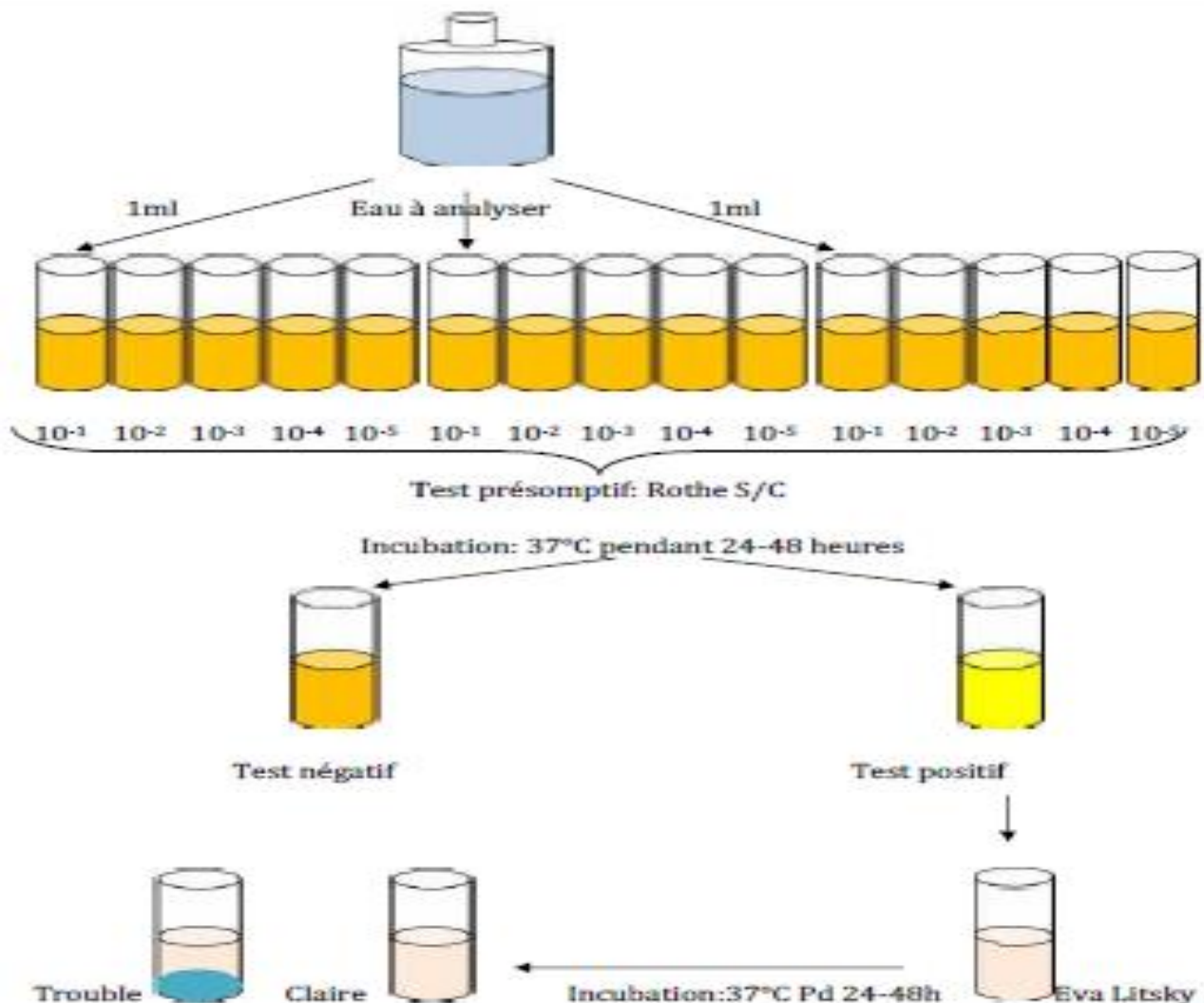


Figure n° 15 : Recherche et dénombrement des streptocoques en milieu liquide

- **Les spores de bactéries anaérobies sulfitoréductrices (ASR) :**

Les bactéries anaérobies sulfito-réductrices sont des bacilles Gram positif, se développant entre 24 et 48 heures sur une gélose viande foie (VF). Elles sont capables de produire de l'hydrogène sulfuré (H_2S) à partir du sulfatite de sodium présent dans le milieu, celui-ci qui se combine avec du citrate de fer ammoniacal ou l'alun de fer pour donner du sulfure de fer noir. Ce test permet de mettre en évidence une pollution fécale ancienne.

❖ **Principe :**

Dans ce test, on utilise la méthode (par incorporation de gélose en tube profond) dans le but de rechercher et dénombrer les spores des bactéries anaérobies sulfitoréductrices et des clostridium sulfito-réducteur dans ces eaux.

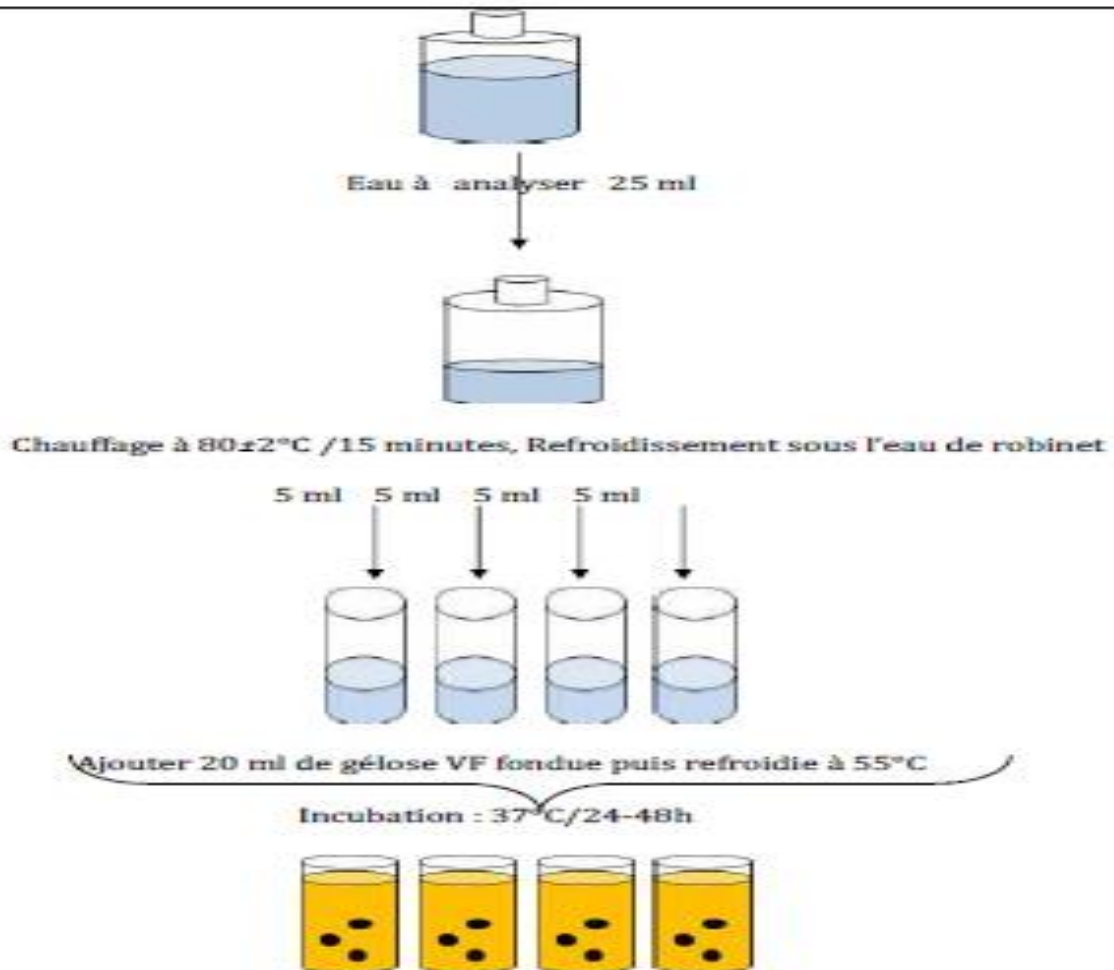
➤ **Mode opératoire :**

Figure n° 16 : Recherche et dénombrement des spores des Bactéries anaérobies sulfitoréductrices (ASR)

6. Enquête sur les stations au niveau du Parc National d'El Kala :

6.1 Les Stations multi Services :

Tableau n° 06 : Les Stations multi Services

Station	Commune	Coordonnées géographique X Y	
Station El Rachida	Oum Theboul	36°52'59.31"N	8°33'36.98"E
Station Naftal	El Kala	36°53'10.88"N	8°26'26.55"E
Station Douici Boutella Abdellah	El Frin	36°49'46.57"N	8°25'19.17"E
Station Dine	Ain Assel	36°46'32.57"N	8°22'26.09"E
Station Ouzrout	El Tarf	36°45'48.97"N	8°21'24.32"E
Station Ghannes	El Tarf	36°45'48.49"N	8°20'37.58"E
Station Zaidi	El Tarf	36°45'58.80"N	8°18'21.49"E
Station Cheloufi	El Tarf	36°42'57.83"N	8°16'38.53"E

6.2 Les stations d'épuration :

Tableau n° 07 : Les Stations d'épuration

Station	Coordonnées géographique X Y		Etat
Système lagunage Oued el hout	36°49'29.38"N	8°29'53.22"E	Non fonctionnel
Station d'épuration El Kala	36°53'38.32"N	8°27'55.13"E	Non fonctionnel
Station d'épuration el Gantra el hamra	36°51'51.64"N	8°20'38.94"E	Non fonctionnel
Station d'épuration Mridima-El Kala	36°52'49.42"N	8°24'45.98"E	Non fonctionnel



Figure n° 17 : Carte localisation des stations d'épuration

Chapitre IV

Résultats et

discussion

1. Résultats et interprétation des analyses physicochimiques et bactériologiques :

1.1 Analyse Physicochimique :

L'étude évolutive des teneurs moyennes des principaux paramètres physico-chimiques et indicateurs de pollution a montré les résultats d'analyse qui ont été traduites graphiquement pour mieux les visualiser et établir les comparaisons entre les sites pour les mêmes paramètres. Des histogrammes élaborés pour chaque paramètre analysé selon les cinq sites prélevés.

Tableau 08 : Quelques paramètres selon les normes algériennes pour l'analyse de l'eau superficielle

Paramètre physique	Unité	N.A
pH		6,5-9
CONDUCTIVITÉ 20°C	µs/sm	2800
Chlorure Cl-	mg/L	600
AMMONIUM NH ₄ ⁺	mg/l	4
SALINITÉ	%	50
NITRATE NO ₃	mg/l	50
Escherichia coli	UFC/100 ml	20.000

❖ **Potentiel d'Hydrogène (pH) :** Le pH est une mesure de l'acidité de l'eau, c'est-à-dire, de la concentration en ions d'hydrogène (H⁺). (Devillers et al., 2005).

L'échelle des pH s'étend en pratique de 0 (très acide) à 14 (très alcalin) ; la valeur médiane 7 correspond à une solution neutre à 25°C. Le pH d'une eau naturelle peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Des pH faibles (eaux acides) augmentent notamment le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Des pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac, toxique pour les poissons.

Les teneurs du pH publiées par les normes Algérienne varient entre 6,5 et 9 .

❖ **Conductivité électrique (CE) :** La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques (Arouya, 2011 ; Rodier et al., 2009). La mesure de la conductivité permet d'apprécier la quantité de sels dissous (degré de minéralisation) dans l'eau. Elle est également en fonction de la température de l'eau : elle est plus importante lorsque la température augmente (Elafri, 2009). La conductivité électrique d'une eau s'exprime généralement en micro Siemens par centimètre (µS/cm) (Rodier, 1984).

❖ **Salinité (en mg/l) :** Les mesures de la salinité dans les eaux des oueds ont montré des valeurs provient principalement de la nature des roches (grés ; argile), Aussi les eaux usées des cités d'agglomération d'El Kala Sud.

La diminution de la salinité d'Oued Boularoug peut être expliquée par la diminution des agglomérations.

❖ **Les Chlorures (Cl- en mg/l) :**

Le Cl- est aussi un bon traceur des activités anthropiques. Les concentrations en chlorures montrent des valeurs variables, qui sont faible par rapport aux normes.

❖ **La dureté total (mg/).TH :** La mesure du THs. exécute sur les eaux dont on veut déterminer la dureté. La dureté correspond à l'ensemble des ions alcalino-terreux, soient les ions calcium et Magnésium principalement. la Dureté Total est très élevée au niveau d'oued El-Hout et avec un degré faible dans Oued Dey Legraa, Cela est dû probablement à la forte concentration des ions Ca⁺⁺ et Mg⁺⁺ d'oued El-Hout grâce à la nature des roches.

❖ **L'Ammonium (NH₄⁺ en mg/l) :** L'ammonium n'a pas d'effet appréciable sur la santé du consommateur, mais sa présence dans les eaux est un indicateur de pollution confirme d'après Dembele (2005).

Suite aux analyses et calcule on a obtenu des résultats examinant la variation du taux d'ammonium.

❖ **Le nitrate (NO₃⁻) :**

Les sources de nitrates dans l'eau comprennent les matières animales et végétales en décomposition, les engrais agricoles, le fumier, les eaux usées domestiques et les formations géologiques contenant des composés azotés solubles déclarent Kahoul et Touhami (2014).

Les résultats obtenus à partir de nos prélèvements indiquent la présence de nitrate dans les oueds

❖ **Le nitrite (NO₂⁻) :**

Les nitrites proviennent en générale de l'utilisation des engrais agricoles on remarque **que les valeurs des nitrites due à l'existence des terrains agricoles d'où l'infiltration des différents engrais dans la nappe superficielle et dans les nappes profondes où il« les engrais chimiques utilisées en agriculture entre autre la culture des Arachides.**

❖ **Ortho phosphate (PO₄⁻) :**

Les concentrations de phosphates au niveau les sites étudiés sont variée entre 3,6 mg/l et 6,2 mg/l (Oued El Kébir et Oued Dey Legraa (Rejet domestique) dont elle est dépassée la norme 0.5 mg/l.

Selon RODIER J.(2005), le phosphate ont généralement responsables de l'accélération du phénomène eutrophisation dans les lacs ou les rivières. S'ils dépassent les normes, ceux-ci sont considérés comme indice de contamination fécale entrainant une prolifération des germes, goût et coloration.

Les eaux de surface peuvent être contaminées par des rejets domestiques ou par le lessivage de terres cultivées renfermant des engrais phosphatés ou traités par certains pesticides.

La variation de concentration de phosphate au niveau d'Oued Dey Legraa traduite par les Rejets domestique et par la dégradation de matériel génétique de bactérie.

1.2 Analyses bactériologiques :

Nous avons analysé les eaux des oueds, et ces analyses ont été réalisées au niveau du laboratoire de microbiologie d'El Kala, qui consiste à la recherche des Coliformes totaux, Coliformes fécaux et Streptocoques fécaux...

❖ Dénombrement des coliformes totaux :

Les coliformes totaux sont utilisés comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau. Ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale (Archibald, 2000).

Les résultats du dénombrement des coliformes totaux au niveau des eaux des oueds, montrent que la concentration des germes varie entre 150 et 1100 germes /100 ml, ceci est expliqué par la présence de rejet des eaux usées juste avant cette station ainsi que l'accumulation d'autres rejets arrivant de la station de Ain Khia. Ces faibles teneurs des coliformes totaux sont acceptables puisque ne dépassant pas la valeur limite de 10000 CT/100 ml, ce qui traduit la bonne qualité de l'eau, d'où la pollution d'origine fécale est faible.

❖ Dénombrement des coliformes fécaux :

La présence de coliformes fécaux témoigne habituellement d'une contamination d'origine fécale ou provenant d'eaux enrichies en matière organique (Barthe et al, 1998).

L'analyse bactériologique des coliformes fécaux des eaux des oueds, nous illustrons que les cinq stations présente faible concentration des germes de coliformes fécaux ; ceci montre que la pollution d'origine fécale est faible au niveau de ces eaux, car ces valeurs au vu des réglementations algériennes et européennes ne dépassent pas les normes limites 2 000 CTT/100 ml.

❖ Dénombrement des streptocoques fécaux :

Les streptocoques sont susceptibles de contaminer les eaux d'approvisionnement. Ils sont typiques des déjections animales. Ils peuvent parfois être présents chez l'homme ou dans les végétaux (Bitton, 1999).

les résultats de dénombrement des streptocoques fécaux dans les eaux des oueds, ces derniers sont représenté par des concentrations ne dépassent pas la valeur guide fixée par les textes en vigueur qui est de 100 SF/100 ml ; ce qui témoigne habituellement une faible contamination d'origine fécale, c'est-à-dire que les streptocoques du groupe D susceptibles de contaminer les eaux d'approvisionnement, ils sont plutôt typiques des déjections animales, comme *Streptococcus bovis*, *S. equinus*, *S. gallolyticus* et *S. alactolyticus*. Ces espèces colonisent le bétail, les chevaux et la volaille bien qu'elles peuvent parfois être présentes chez l'humain, en particulier *S. bovis*. Cela s'explique que la contamination par les streptocoques

du groupe D au niveau des deux oueds « Oued El-larg et Oued Dey elgraa » est due aux déjections animales dû à la forte pression du Bétail « Bétail anarchique et non contrôlé ». Cette contamination est plus ou moins importante dans les deux oueds « oued El-Hout et oued Belaaroug ; la présence de ces germes dans les stations de prélèvements Oued Boularoug s'expliquent par l'existence des déjections animales (bétail) surtout de source parc zoologique de Brabtia

❖ Clostridium sulfito-réducteurs :

Les bactéries anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) est un groupe de bactéries se développant uniquement en absence d'oxygène et qui possèdent des caractéristiques biochimiques particulières, notamment la production de sulfure d'hydrogène. Dans ce groupe on retrouve principalement *Clostridium perfringens* mais également le groupe des *Clostridium botulinum* et d'autres germes capables de réduire les sulfites (certains *Bacillus* et streptocoques). Les *Clostridi* sont des germes pathogènes rencontrés en hygiène alimentaire.

Dans le cadre des analyses d'eau, les ASR sont utilisés comme témoin de la qualité de filtration et/ou marqueur d'une contamination fécale

D'après le graphique ci-dessus on remarque que le taux des Clostridium sulfito-réducteurs à 46C° au niveau d'Oued Dey Legraa est élevé (la norme c'est l'absence des Clostridium sulfito-réducteurs), par contre les autres sites l'absence total des Clostridium sulfito-réducteurs, ce qui témoigne d'une contamination d'origine fécale contamination par les rejets des eaux usées provenant de Mechtat Day El-Graa et la localité de Boutella Abdellah ; cités les crêtes. De plus, les Clostridium sulfito-réducteurs à 46C° sont des germes pathogènes rencontrés en hygiène alimentaire, ce qui s'explique par le fait que l'augmentation de leur taux dans le milieu aquatique agit négativement sur la valeur alimentaire « la valeur sanitaire » de la ressource.

❖ **Escherichia coli (E. coli) :**

Puisque l'eau représente la vie, il est primordial d'en connaître sa qualité, c'est la raison de l'intérêt porté sur la bactérie *Escherichia coli* (E. coli). Celle-ci provient des excréments humains et animaux et peut survivre en conditions favorables jusqu'à trois mois dans l'eau naturelle (Groupe scientifique sur l'eau, 2017; Ville de Montréal, 2019). Cette bactérie sert de bio-indicateur à la pollution fécale, pouvant correspondre à des microorganismes néfastes pour la santé humaine (Chevremont, Farnet, Sergent, Coulomb, et Boudenne, 2012; da Silveira, Pich, Angioletto, et Bernardin, 2011). Les différentes bactéries fécales s'éliminent dans les masses d'eau de façon comparable à la bactérie E. coli, bien que cette dernière semble plus résistante (Chevremont et al., 2012). L'élimination naturelle de cette bactérie est due aux rayons UV du soleil, à la concentration en oxygène dans l'eau, à la salinité ainsi qu'à des produits chimiques inhibiteurs ou désinfectants. Des facteurs biologiques affectent également l'abondance en E. coli dans l'eau tels que la compétition avec les microorganismes aquatiques, ainsi que la consommation par les

zooplanctons (Kischel, 2018). L'hydrologie du cours d'eau ainsi que l'occupation des sols du bassin versant sont des facteurs géographiques influençant la distribution des coliformes fécaux tels que la bactérie *E. coli* (Rochelle-Newall et al., 2016).

La bactérie *Escherichia coli* (*E. coli*) est pratiquement présente dans l'ensemble des oueds entre 30/ml (oued el Hout) et 20 /ml les autres oueds. Qui sont des résultats inférieurs aux normes (20.000/100 ml), Celle-ci provient des excréments humains « rejets des eaux usées qui proviennent des agglomérations se trouvant à l'intérieur des bassins versants des lacs » et animaux « contamination fécale » et peut survivre en conditions favorables plusieurs mois dans l'eau naturelle. Cette bactérie sert de bio-indicateur à la pollution fécale. L'élimination naturelle de cette bactérie est due aux rayons UV du soleil ; des facteurs biologiques aussi affectent également l'abondance en *E. coli* dans l'eau tels que la compétition avec les microorganismes aquatiques.

1.3 Détermination et calcul de la contamination microbiologique :

Pour déterminer la contamination microbiologique au niveau des eaux des oueds, on a utilisé la méthode de calcul d'Indice de contamination microbiologique (IQM) (Bovesse et Depelchin, 1980).

1.3.1 Evaluation de la qualité microbiologique : présentation de l'indice :

Nous présentons ci-dessous la méthode d'Indice de contamination microbiologique (Bovesse et Depelchin, 1980) :

Elles comportent cinq classes de qualité correspondant aux couleurs généralement admises.

Contamination nulle
Contamination Faible
Contamination Modérée
Contamination Forte
Contamination Très forte

Figure n° 18 : Classe d'altération.

Le principe est de répartir les valeurs des paramètres bactériologiques en cinq classes (tableau n° 07), puis de déterminer, à partir de ses propres mesures, le numéro de classe correspondant pour chaque paramètre puis d'en faire la moyenne.

Tableau n° 09 : Grille de qualité (IQM).

Paramètre Classe	Coliformes totaux/ml	Coliformes fécaux/ml	Streptocoques fécaux/ml
5	< 2000	< 100	< 5
4	2000 - 9000	100 - 500	5 - 10
3	9000 - 45000	500 - 2500	10 - 50
2	45000 - 360000	2500 - 20000	50 - 500
1	> 360000	> 20000	> 500

$IQM = (\text{coliformes totaux} + \text{coliformes fécaux} + \text{streptocoques fécaux}) / 3$

- ✓ IQM de 5.0 à 4.6 : Contamination microbiologique nulle ;
- ✓ IQM de 4.5 à 4.0 : Contamination microbiologique faible ;
- ✓ IQM de 3.9 à 3.0 : Contamination microbiologique modérée ;
- ✓ IQM de 2.9 à 2.0 : Contamination microbiologique forte ;
- ✓ IQM de 1.9 à 1.0 : Contamination microbiologique très forte.

1.3.2 Application de la méthode de l'indice de contamination microbiologique :

1.3.2.1 Les classes de contamination des eaux des oueds :

Pour mieux déterminer la qualité des eaux des oueds, on a calculé la moyenne des différentes concentrations des germes selon la méthode IQM pour toutes les stations.

Tableau n° 10 : Valeurs des indices et des classes de contamination des eaux des oueds.

Stations	Indice	contamination
Oued el hout	4,6	Nulle
Oued El Kébir	05	Nulle
Oued Boularoug	4,6	Nulle
Oued Elarg	4,3	Faible
Oued Dey Legraa	4,3	Faible

L'indice de contamination microbiologique des eaux d'oued el hout et Oued El Kébir et oued boularoug, est nul ; Cet indice montre que la qualité de ces eaux est bonne, et Oued Elarg et Oued Dey Legraa est faible.

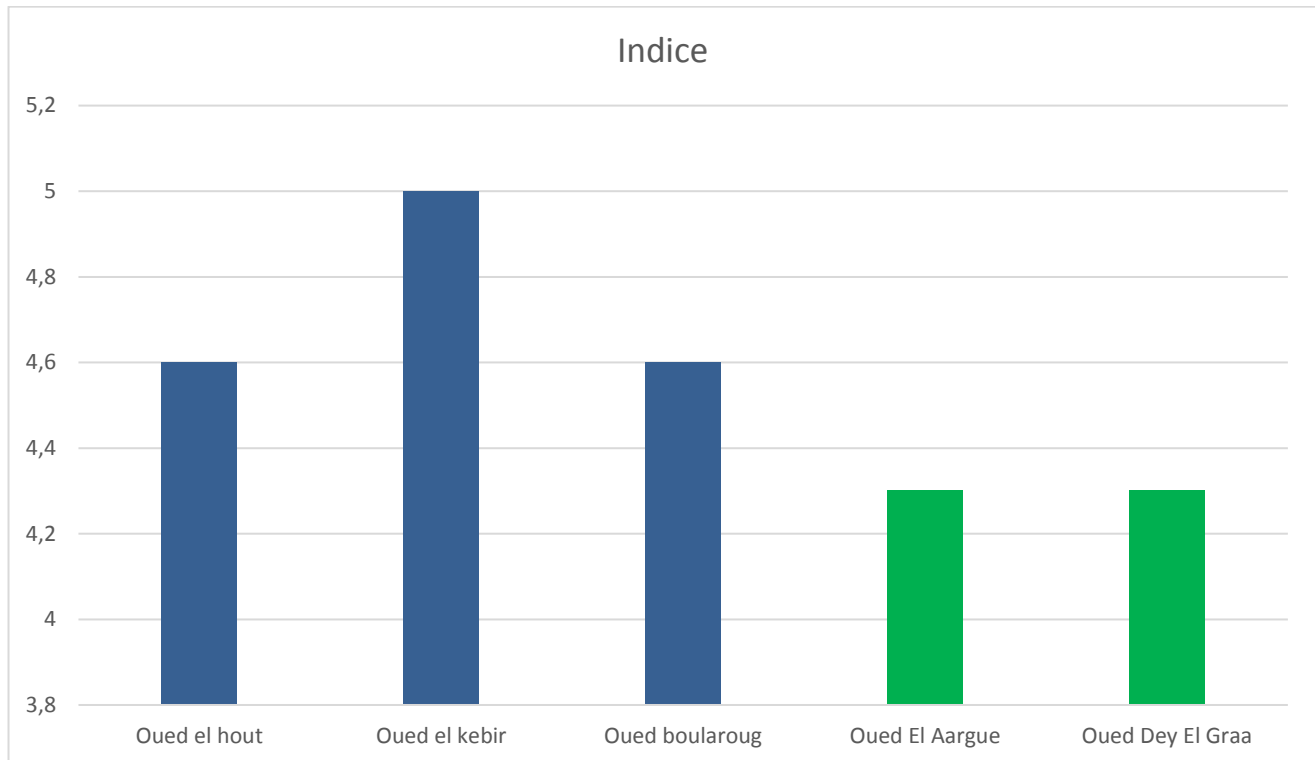


Figure n° 19 : l'indice des eaux des oueds.

Les faibles valeurs de cet indice de contamination microbiologique s'expliquent par la faible agglomération quelques mechta éparses (Oued Boularoug, oued el kebir) aussi l'existence de station de traitement d'eau potable (Oued El Kébir) par contre Oued Elarg il ya plus d'agglomération de commune Esourekh (mechtet Melloul, Mouchtab ;Haddada ...)et Oued Dey Legraa aussi plus d'agglomération de commune El Kala (cite Farnana ;cités les crêtes)

1.4 Détermination de l'origine de la contamination fécale (CF /SF) :

L'apport d'entérocoques par rapport aux coliformes consiste en leur plus grande résistance dans les eaux naturelles, leur présence serait donc le signe d'une contamination fécale de l'eau plus ancienne. De plus il est intéressant de rappeler que la présence des coliformes fécaux par rapport aux streptocoques est un signe d'une contamination d'origine humaine (Ghizellaoui,2008).

L'origine de la pollution fécale est liée au rapport quantitatif des coliformes fécaux sur les streptocoques fécaux.

$$R=CF/SF$$

- ✓ Si le rapport R est inférieur à 0,7, la contamination est d'origine animal,
- ✓ Si R est compris entre 0,7 et 1, l'origine de la contamination est mixte à prédominance animal,
- ✓ Si R est compris entre 1 et 2 cette origine est incertaine
- ✓ Si R se situe entre 2 et 4 l'origine est dite mixte à prédominance humaine
- ✓ Si R est supérieure à 4 elle est d'origine humaine.

Tableau n° 11 : Résultats de rapport CF /SF

Stations	CF /SF	Origine de la pollution
Oued el hout	2,7	Mixte à prédominance humaine
Oued El Kébir	95/0	humaine
Oued Boularoug	10,5	humaine
Oued Elarg	4,7	humaine
Oued Dey Legraa	4,7	humaine

L'origine de la pollution est humaine donc La contamination est par conséquent due aux rejets d'eaux usées domestiques non traitées dans l'oued ainsi que les débordements des réseaux d'égouts.

1.5 Résultat :

Lac Tonga :

Pollution de l'eau : phénomène nouveau de pollution des zones humides lac et oueds qui alimente le lac (oued El hout et Oued Elarg) dû à l'extension des zones urbaines et à leurs rejets d'eaux usées ; actuellement la tendance la plus menaçante de ce point de vue est sans conteste liée à l'extension du village de Oued – EL –Hout au sud-est du lac. Aussi la démographie de la commune d'Esourekh s'accompagne d'une nette augmentation de la quantité d'eaux usées

Lac Oubeira :

Pollution de l'eau : phénomène nouveau de pollution des zones humides lac et oueds qui alimente le lac (oued dey ligraa ; oued El Kébir) dû à l'extension des zones urbaines et à leurs rejets d'eaux usées ; actuellement la tendance la plus menaçante de ce point de vue est sans conteste liée à l'extension du nouvelle cité des crêtes ainssi cité Farnana commune El Kala.

Mellah :

Pollution de l'eau : phénomène nouveau de pollution des zones humides lacs et oued qui alimente le lac (oued dey ligraa) dû aux rejets d'eaux usées liée à l'extension du village d'El Melha et le Parc animalier. -Généralement la source de Pollution de l'eau par **des rejets d'eaux usée** provenant des agglomérations de car il ya une faible superficie agricole autour des lacs ; et manque de l'industrie dans la région.

1.6 Suggestions :

Pour éviter une augmentation de taux de degré de la contamination on préconise l'installation des nouvelles stations d'épuration ou redynamisation les anciennes stations (les rendre fonctionnel)

Il faut une pré-étude pour tous les projets d'aménagement et d'extension urbaine qui ne prennent pas en compte les zones protégées d'une part et les eaux usées qui constituent une pollution directe dans les zones protégées

Conclusion

CONCLUSION

La pollution représente un sérieux problème pour l'environnement et la croissance démographique rapide et l'urbanisation massive sont les principales causes de la forte production des eaux usées, et le rejet de ces dernières sans traitement préalable dans les eaux des oueds engendre un problème de pollution très important par ce qu'il provoque la dégradation de la qualité des eaux ainsi que la perturbation de tout l'écosystème.

Notre travail a été consacré à l'étude de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux des principaux oueds qui alimentent les lacs.

A la lumière des résultats des analyses effectuées au cours de notre expérience et selon l'indice de contamination microbiologique on peut dire que la contamination au niveau des eaux des différents oueds, est faible, c'est-à-dire que ces eaux ont une bonne qualité, par ce que le nombre des germes de coliformes totaux et de streptocoques fécaux est faibles dans les cinq stations de prélèvement. Aussi L'origine de la pollution est humaine.

Enfin en perspective il faut toujours garder la bonne qualité de ces eaux par l'épuration des eaux usées avant le rejet dans les oueds, la réduction des fuites au niveau de canalisation.



Références
Bibliographiques

Référence bibliographique

(Archibald F., 2000) : The presence of coliform bacteria in Canadian pulp and paper mill water systems: a cause for concern? *Water Quality Research Journal of Canada* 35(1), pp: -1-22.

(Azaizia et Selaimia , 2013) : Étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de Garaet Chichaya : complexe de zones humides de Guerbès-Sanhadja (W.Skikda) thème master option Santé, eau et environnement, Université Guelma

(Aziz, 2014) : Aziz A., 2014. Pollution anthropique de cours d'eau : caractérisation spatio-temporelle et estimation des flux. Thèse de doctorat en Génie des Procédés pour l'Énergie et l'Environnement. UNIVERSITE DE LORRAINE. 271p.

(Bahroun, 2003) : Impact des eaux usées urbaines et industrielles sur les eaux naturelles dans la région d'el Tarf , thème magister Option Hydrogéologie, Université Guelma

(Barnaud Et Fustec, 2007) : Conserver les zones humides : pourquoi ? Comment ? Editions Quae 296p.

(Barthe C., Perron J., 1998). Guide d'interprétation des paramètres microbiologiques d'intérêt dans le domaine de l'eau potable. Document de travail (version préliminaire), Ministère de l'Environnement du Quebec, Canada, 155p.

(Bennana, 2013) : Bennana M., 2013. Etude de la pollution de l'eau et du littoral du lac de Hassi ben Abdellah. Mémoire de master en génie des procédés, université Kasdi Marbah Ouargla. 46p.

(Benyacoub, 1993) : Écologie de l'avifaune forestière nicheuse de la région d'El Kala .Thèse doctorat en Sciences biologiques et fondamentales

(Benyacoub S & Chabi Y, 2000) : Diagnose écologique de l'avifaune du Parc National d'El-Kala. Composition, statut de répartition. Synthèse n : 7 Juin 2000. Revue des sciences et technologie, Univ.Annaba.

(Bitton G., 1999). Wastewater Microbiology. John Wiley & Sons, USA, 578p. **(Boumont et al, 2004)** :, Réutilisation des eaux usées, risques sanitaires et faisabilité en Ile-de- France, Rapport ORS, 220p.

(Bouziani, 2000) : Bouziani M., 2000. L'eau, de la pénurie aux maladies. Edition Ibn-Khaldoun, Algérie, pp : 223- 247.

(Bovesse et Depelchin, 1980) :Bovesse M , Depelchin A: cartographie de la pollution des cours d'eau de la province de Namur ; analyses bactériologique . Rapport final.1980, 25p.

(Cheval, 1982) : CHEVAL, 1982. La désinfection des eaux de consommation étude technique de synthèse, technique de documentation. Paris.

(Chevremont et al., 2012): Chevremont, Farnet, Sergent, Coulomb, et Boudenne, 2012 :Optimisation multivariée de l'inactivation des bioindicateurs fécaux en couplant les LED UV-A et UV-C

(Costanza et al., 1997) : COSTANZA R., D'ARGE R., DE GROOT., FARBERK S., GRASSO M., HANNON B., LIMBURG K., NAEEM S., O'NEILL R. V., PARUELO J., RASKIN R.G., SUTTONK P

&VAN DEN BELT M., 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387, 253-260.

(da Silveira, Pich, Angioletto, et Bernardin, 2011) : Ecotoxicological analysis of glasses obtained from industrial residues using *E. coli* and *S. aureus* as bioindicators

(De Belair G, 1990) : Structure et fonctionnement et perspectives de gestion de quatre éco complexes lacustre et marécageux (El-Kala, est Algérien), thèse Doct-Univ.U..S.T.L.Monpellier France.

(Dégremont, 1989) : Dégremont mémento, 1989. *Technique de l'eau*. 7ème Edition Dunod, Paris (France). pp: 5-25.

(El attiffi el ouadrassi , 2011) : El attiffi O., 2011. La qualité microbiologique des eaux de baignade. Thèse de doctorat en pharmacie.

(Gantzer et al, 1998) : Gantzer C, Maul A, Audic JM, Schwartzbrod L. detection of infectious enterovirus, enterovirus genomes, somatic coliphage, and bacteroides fragilis phages in treated wastewater. *Appl environ microbial* 1998; 64p.

(Gaujous, 1995) : Gaujous D, 1995. La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire. Édition technique documentaire. Lavoisier. 220P.

(GhizellaouiS. (2008) : Evaluation and evolution of the quality of the water resources in the distribution network .Elsevier .desalination .222:502-512

(Gouri, 2017) : Gouri S., 2017. Caractérisation physicochimique et microbiologique des eaux de l'Oued de Seybouse et leur impact sur la qualité biochimique du persil « *Pétroselinum crispum* » var néapolitanum. Thèse de Doctorat en biologie végétale. Université Badji Mokhtar. Annaba.140p.

Halassi I, 2010. Degré de contamination du Lac des Oiseaux et contribution à l'étude du pouvoir auto-épurateur de l'eau : Isolement et étude de *Bdellovibrio bacteriovorus*. Mémoire de Magister, Université 08 mai 1945, Guelma. 122p.

(Hubert, 1984) : **Hubert P.** *Eaupiscule* une introduction à la gestion de l'eau, Edition

(James and Joyce, 2004) :. Assessment and Management of Watershed Microbial Contaminants. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*34 (2). pp : 109- 139.

(Kahoul et Touhami ,2014) : évaluation de la qualité physico-chimique des eaux de consommation de la ville d'Annaba (Algérie)

(Khellou, 2012) : Khellou M., 2012. Flux de l'azote et du phosphore minéraux à l'emboucheur d'Oued Sybouse. Mémoire de magister en biologie. Université Badji Mokhtar. Annaba. 125p.

(Labres et al, 2008) : Labres et Mouffok F., 2008. Le cours national d'hygiène et de microbiologie des eaux de boisson. Manuel des travaux pratique des eaux. Institut Pasteur d'Algérie. 53p.

(Manfredi et al, 1988) : Manfredi daniele., 1988. Les polluants chimiques prioritaires.- *Océanis*, volume 14 faxicule 6. Pp : 629-638.

(Moussa, 2014) : Moussa H., 2014. Évaluation de la qualité de l'eau du bassin supérieur de la riviere du litani, liban : approche hydrogeochimique. Thèse de Doctorat en Géosciences,

université de Lorraine. 325p.

(Oumeddour et Bouden, 2017) : Les ressources trophiques de quelques zones humides du nord est algérien : Les lacs : Tonga, Oubeira, Marre , Messida, Oiseaux, Okrera et Sebaa ; thème master option biodiversité des zones humides, Université Guelma

(Raachi mohamed lamine, 2007) : étude préalable pour une gestion intégrée des ressources du bassin versant du lac tonga au nord-est algérien ; Mémoire. Montréal (Québec, Canada), Université du Québec à Montréal

Ramsar., 2007b : Designation of Ramsar sites : The Strategic Framework and guidelines for the future development of the List of Wetlands of International Importance. Ramsar handbooks for the wise use of wetlands, 3rd édition, vol. 14. Ramsar Convention Secrétariat, Gland, Switzerland, 110p.

(Rochelle-Newall et al., 2016) : Effet de l'utilisation des terres et des processus hydrologiques sur les concentrations d'*Escherichia coli* dans les cours d'eau des bassins versants d'amont tropicaux et humides

(Rodier, 1994) : Rodier. J ., 1994. L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, édition DUNOD. Paris. pp :1103.

(Sarri, 2017) : Développement durable au sein des aires protégées algériennes, cas du Parc National d'El-Kala et des sites d'intérêts biologique et écologique de la région d'El-Tarf .Thèse doctorat

Sayad L. (2008). Qualité physicochimique et bactériologique des eaux de l'écosystème lacustre Lac des Oiseaux. Mémoire de Magister. Université d'Annaba. 118p.

(Schwartzbrod, 2000) : Schwartzbrod L., 2000. virus humaines et santé publique ; conséquence de l'utilisation des eaux usées et des boues en agriculture et conchyliculture. Centre collaborateur OMS pour les microorganismes dans les eaux usées. Université de Nancy (France). 292p.

(Tridi, 2020) : évaluation de l'indice de qualité microbiologique au niveau des eaux de l'oued kebir est dans la région d'El Tarf ; thème master option Toxicologie Industrielle et Environnementale, Université El Tarf

(Zahra brahmia , (2002) : Rôle fonctionnel du lac Oubeira et du lac Mellah (parc national d'El-Kala) pour les oiseaux marins ; université Badji Mokhtar -Annaba

(Zeraoula, 2012) : Microbiologie de l'eau d'une zone humide lotique exoréique Cas d'oued Messida (Oum Teboul – el-Tarf-), thème magister option Biodiversité et conservation des Zones humides

Site internet :

[1]: <https://www.eaufrance.fr/les-impacts-de-la-pollution-de-leau#:~:text=Les%20cons%C3%A9quences%20de%20la%20pollution,maladies%20ou%20des%20perturbations%20endocriniennes.>