



جامعة الشاذلي بن جديد  
UNIVERSITE CHADLI BENDJEDID

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche  
Scientifique

جامعة الشاذلي بن جديد الطارفة

Université Chadli Bendjedid. El Tarf  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département de Biologie

Mémoire de fin d'étude

Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master II en  
« Agroenvironnement et Bioindicateurs »

THEME

Étude de la qualité physique-chimique et  
microbiologique du Lac bleu et son utilisation  
dans l'irrigation des cultures

Présenté Par :Klaa Kaouter

Le 25 06 2023

Devant le jury :

Président: Bergal Amira(MCA) U. Chadli Bendjedid. El Tarf

Examineur : Felah Imen (MCB) U. Chadli Bendjedid. El Tarf

Promoteur : Delimi A(MCA) U. Chadli Bendjedid. El Tarf

Co-promoteur : Dechir Bisma (MCB) U. Chadli Bendjedid. El Tarf

Année Universitaire: 2022/2023

# *Dédicaces*

---

*A mon cher Père klaa Djamel*

*Aucune dédicace ne saurait exprimer Lamour, l'estime, le dévouement et le respect que J'ai toujours eu pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon Éducation et mon bien être. Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as*

*Consentis pour mon Éducation et ma formation.*

*A ma chère mère Samia*

*A mon Frères Mohamed, Haithem, Abed EL Malek,*

*Issam, Khalil, et mes sœurs Randa, Ouissal et Radia et Safa.*

*A mes 2 Grandes Mères et mon Grand Père que Dieu ait pitié de*

*lui et pardonne ses péchés.*

*A la femme de mon oncle Baia.*

*Je dédie ce travail a mes plus chers:*

*A Mes tantes: Nabila Samra Hasina Hanifa*

*A mes oncles: Adel moussa*

*A mes cousins et cousines*

*A Mon cher Fiancé Saif, sa maman Nadia et son père et toute sa famille*

*Je remercie particulièrement mon amie, qui a été comme une sœur et qui a été mon soutien tout au long de ma vie Triki Dorsaf.*

*A mes chères amies Chourouk imen chaima Maroua Yousra*

## *Remerciements*

---

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer ma profonde gratitude, avant tout à Dieu le tout puissant qui m'a aidé et madonnée le courage pour mener à terme ce modeste travail.

En second lieu, je tiens à remercier mon encadreur Dr Delimi Amel ses précieux conseils et son accompagnement durant toute la période du travail.

Mes remerciements particuliers vont spécialement à Mme Dechir Basma, pour son aide et ses précieux conseils durant la réalisation de mon travail.

Mes remerciements particuliers vont également à M. Ghrira Abdel Salam, l'homme aimable et instruit qui m'a accompagné pendant la période de recherche et m'a aidé à mener à bien ce travail.

Mes remerciements s'adressent également au chef service de laboratoire hygiène de EPSP El Kala Ksouri Samira, ainsi que toute l'équipe du laboratoire qui nous ont aidés: Monia....

Nous tenons également à remercier le Directeur de m'avoir acceptées au sein de l'algérien des eaux, et aussi tout le personnel qui travaille au laboratoire Mm Saliha et sabra et tout l'équipe.

Enfin, Dans le souci de n'oublier personne, nous remercions vivement tous ceux qui ont contribué de près ou de loin au bon déroulement de nos Etudes.

## ملخص:

تتمتع النظم البيئية المائية الجزائرية المصنفة كمواقع رامسار بحماية عالية. تم تصنيف البحيرة الزرقاء كمحمية متكاملة داخل حديقة القالة الوطنية وهي أحد مواقع رامسار في عام 2004 ؛ هذه البركة عبارة عن منخفض عابر للقارات للمياه العذبة التي تغذيها المياه الجوفية ومياه الأمطار التي تتسرب عبر الكثبان الرملية. غالبًا ما يستخدم التحليل الفيزيائي والكيميائي والبكتريولوجي لدراسة الحالة الصحية للنظام البيئي المائي والتحقق منها. الهدف من عملنا هو دراسة حالة مياه البحيرة الزرقاء خلال الشهرين (مارس ومايو) من خلال مقارنة المعلمات الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية للمواقع الأربعة حول البحيرة ، وهذه تكشف عن عدم وجود احتمال محتمل. التهديد من قبل مسببات الأمراض (CT ، CTT ، SF).

كشفت التحليلات الفيزيائية والكيميائية لنا خلال فترة دراستنا ، أن مياه البحيرة الزرقاء ذات جودة صلبة قليلاً (بحد أقصى: 260 مجم / لتر) وعكرة قليلاً وفقاً لمعامل التعكر ، وفقاً للتوصيلية وجودة المياه من البحيرة سالكة (الحد الأقصى: 1070  $\mu\text{S}$  / سم). أيضاً العديد من العناصر لها تركيزات طبيعية (  $T^{\circ}$  ، pH ،  $\text{Mg} +$  ،  $\text{Ca} +$  ، TAC ، TH ..) مما يشير ، بشكل عام ، إلى جودة المياه الجيدة. من ناحية أخرى ، فيما يتعلق بعناصر مؤشر التلوث (النترت والأمونيوم والمواد العضوية والكلوريدات) ، فقد أبلغنا عن مستويات عالية في أحد المواقع الأربعة الواقعة بالقرب من منطقة زراعية ، مما يشير إلى وجود مياه ملوثة.

## **ABSTRACT :**

Algerian aquatic ecosystems classified as Ramsar sites are highly protected. The blue lake is classified as an integral reserve within the national park of El Kala is a Ramsar site in 2004; This pond is an intercontinental depression of fresh water fed by the water table and rainwater seeping through the sand dunes. A physic-chemical and bacteriological analysis is often used to study and verify the state of health of an aquatic ecosystem. The objective of our work is to study the state of the water of the Blue Lake during the two months (March and May) by comparing the physic-chemical and bacteriological parameters of the four sites around the lake, these reveal the absence of a possible threat by pathogens (CT, CTT, SF).

The physic-chemical analyzes revealed to us during the period of our study, that the water of the Blue Lake is of slightly hard quality (max: 260mg / l) and slightly cloudy according to the turbidity parameter, according to the conductivity the water quality of the lake is passable (max: 1070  $\mu$ S/cm). Also several elements have normal concentrations ( $T^{\circ}$ , pH,  $Mg^{+}$ ,  $Ca^{+}$ , TAC, TH...) which indicates, overall, good water quality. On the other hand, concerning the pollution indicator elements (nitrites, ammonium, organic matter and chlorides), we reported high levels in one of the four sites, located near an agricultural area, which indicates polluted waters.

## **RESUME :**

Les écosystèmes aquatiques algériens classés site Ramsar sont très protégés. Le lac bleu est classé réserve intégrale au sein du parc national d'El Kala est un site Ramsar en 2004 ; Cet étang est une dépression intercontinentale d'eau douce alimentée par la nappe phréatique et d'eau de pluie s'infiltrant à travers les dunes de sable. Une analyse physico-chimique et bactériologique est souvent utilisée pour étudier et vérifier l'état de santé d'un écosystème aquatique. L'objectif de notre travail est d'étudier l'état de l'eau du Lac bleu pendant les deux mois (Mars et Mai) en comparant les paramètres physico-chimiques et bactériologiques des quatre sites au tour du lac, ces derniers révèlent l'absence d'une éventuelle menace par les pathogènes (CT, CTT, SF).

Les analyses physico-chimiques nous ont dévoilé durant la période de notre étude, que l'eau du Lac bleu est de qualité légèrement dure (max : 260mg/l) et légèrement trouble selon le paramètre de turbidité, selon la conductivité la qualité des eaux du lac est passable (max : 1070  $\mu$ S/cm). Aussi plusieurs éléments ont des concentrations normales ( $T^{\circ}$ , pH,  $Mg^{+}$ ,  $Ca^{+}$ , TAC, TH..) ce qui indique, globalement, une bonne qualité des eaux. Par contre concernant les éléments indicateurs de pollution (Nitrites, Ammonium, matière organique et chlorures), nous signalions des taux élevés dans l'un des quatre sites, situé à proximité d'une zone agricole, ce qui indique des eaux polluées.

## Liste des figures

<i>Figure 1:Le cycle d'eau (Pajoués, 2007).</i> .....	4
<i>Figure 2:Situation géographique et administrative du PNEK (PNEK, 2022).</i> .....	14
<i>Figure 3:Carte géographique du Lac Bleu (PNEK,2022).</i> .....	15
<i>Figure 4: Les différentes stations de prélèvements au niveau du Lac Bleu.</i> .....	21
<i>Figure 5: Mesure du pH (pH- mètre).</i> .....	23
<i>Figure 6: Mesure de la température.. multi.</i> .....	23
<i>Figure 7:Mesure de la turbidité (turbidimètre).</i> .....	24
<i>Figure 8: Mesure de la conductivité.</i> .....	25
<i>Figure 9:Mesure de la Salinité, TDS (Multiélément).</i> .....	25
<i>Figure 10:Mesure de TAC.</i> .....	26
<i>Figure 11: Dosage de TH</i> .....	27
<i>Figure 13:Réactif coloré Nitrite.</i> .....	29
<i>Figure 12: Mesure d'Ammonium (Multiélément).</i> .....	29
<i>Figure 15: La présence des Nitrites.</i> .....	30
<i>Figure 14:Spectromètre (mesure du Nitrites)</i> .....	30
<i>Figure 16: Mesure de Calcium.</i> .....	31
<i>Figure 17: Mesure de Chlorure.</i> .....	32
<i>Figure 18: Masure de la matière orgiaque (réactif de la matière organique et le bain marie).</i> .....	33
<i>Figure 19: Mesure du ct et ctt et sf</i> .....	34
<i>Figure 20: Variation de la température au niveau des eaux du lac bleu pendant le mois de Mai et de Mars.</i> .....	38
<i>Figure 21:Variation du pH dans les eaux du lac bleu pendant le mois de Mai et de Mars.</i> ...	39
<i>Figure 22: Variation de la turbidité dans les eaux du lac bleu pendant le mois de Mais et de Mars.</i> .....	40
<i>Figure 23: Variation de nitrate dans les eaux du lac bleu pendant le mois de Mai et de Mars.</i> .....	41
<i>Figure 24: Variation du titre alcalimétrique complet dans les eaux du lac bleu pendant le mois de Mai et de Mars.</i> .....	42
<i>Figure 25: Variation du magnésium dans les eaux du lac bleu pendant le mois de Mai et de Mars.</i> .....	43

<b>Figure 26:</b> Variation du chlorure dans les eaux du lac bleu pendant le mois de Mai et de Mars.	44
<b>Figure 27:</b> Variation du calcium dans les eaux du lac bleu pendant le mois de mai et de Mars. ....	45
<b>Figure 28:</b> Variation du titre hydrotimétrique (T.H.) ou dureté d'unedans les eaux du lac bleu pendant le mois de Mai et de Mars. ....	46
<b>Figure 29:</b> Variation de la matière organique dans les eaux du lac bleu pendant le mois de Mai et de Mars. ....	47
<b>Figure 30:</b> Variation du nitrite dans les eaux du lac bleu pendant le mois de Mai et de Mars. ....	48
<b>Figure 31:</b> Variation de l'Ammonium dans les eaux du lac bleu pendant le mois de Mai et de Mars. ....	49
<b>Figure 32:</b> Variation de la conductivité dans les eaux du lac bleu pendant le mois de Mai et de Mars. ....	50
<b>Figure 33:</b> Variation du total des solides dissous dans les eaux du lac bleu pendant le mois de Mai et de Mars. ....	51
<b>Figure 34:</b> Variation de la salinité dans les eaux du lac bleu pendant le mois de Mais et de Mars. ....	52
<b>Figure 35:</b> Analyses bactériologique des eaux du lac bleu le mois mars et mai. ....	53

## Liste des tableaux

*Tableau 1: Quelques espèces végétales du Lac Bleu* ..... 16

*Tableau 2: Quelques espèces végétales du Lac Bleu* ..... 17

# Table des matières

<b>Dédicace</b>	
<b>Remerciement</b>	
<b>Résumé / Abstract / ملخص</b>	
<b>Liste des figures</b>	
<b>Liste des tableaux</b>	
<b>Introduction</b> .....	1
<b>CHAPITRE I: Généralité sur l'eau</b> .....	4
I.1. Cycle de l'eau .....	4
I.2. Les Sources naturelles de l'eau .....	5
I.2.1. Les eaux de pluie .....	5
I.2.2. Les eaux de mer .....	6
I.2.3. Les eaux de surface .....	6
I.2.4. Les eaux souterraines .....	6
I.2.5. Les nappes d'eau .....	6
I.2.5.1. La nappe profonde .....	6
I.2.5.2. La nappe phréatique .....	7
I.2.5.3. La nappe alluviale .....	7
I.2.5.4. La nappe karstique .....	7
I.3. Pollution des eaux .....	8
I.3.1. Origines de pollution des eaux .....	8
I.3.1.1. Pollution domestique .....	8
I.3.1.2. Pollution industrielle .....	8
I.3.1.3. Pollution agricole .....	9
I.3.2. Les différents types des pollutions des eaux .....	9
I.3.2.1. Pollution organique .....	9
I.3.2.2. Pollution biologique .....	9
I.3.2.3. Pollution thermique .....	9
I.3.2.4. Pollution radio active .....	9
I.3.2.5. Pollution chimique .....	10
I.3.2.6. Pollution agricole .....	10

I.3.3. Impacts de la pollution des eaux .....	11
I.3.3.1. Sur l'environnement.....	11
I.3.3.3. Sur l'économie .....	12
<b>CHAPITRE II. Présentation de la zone d'étude .....</b>	<b>14</b>
II.1. Situation géographique et administrative du PNEK.....	14
II.2. Présentation du site d'étude (Lac Bleu).....	15
II.2.1. Description du Lac Bleu .....	15
II.2.2. Caractéristiques morphologiques .....	16
II.2.3. Caractéristiques physico-chimiques .....	16
II.2.4. Richesses patrimoniales.....	16
II.2.4.1. Faune .....	16
II.2.4.2. Flore.....	17
<b>Chapitre III : Matériels Et Méthode .....</b>	<b>20</b>
III.1. Méthodologie de travail.....	20
III.1.1. Préparation du matériel .....	20
III.1.2. Enregistrement et étiquetage des échantillons .....	20
III.1.3. Choix des stations et des prélèvements .....	20
III.1.4. Mode de prélèvement .....	21
III.1.5. Transport et conservation des échantillons avant l'analyse .....	22
III.2. Analyses physico-chimiques .....	22
III.2.1. Paramètres physiques .....	22
III.2.1.1. Le Potentiel Hydrogène (pH) .....	22
III.2.1.2. La température.....	23
III.2.1.3. La turbidité .....	23
III.2.1.4. Mesure de la conductivité, salinité et TDS .....	24
III.2.2. Paramètres chimiques.....	25
III.3. Analyse bactériologique .....	34
III.3.1. Dénombrement des coliformes et streptocoques par filtration sur membrane.....	34
III.3.2. Dénombrement des Streptocoques fécaux .....	35
<b>Résultats et discussion.....</b>	<b>38</b>
1. Paramètres physico-chimiques.....	38
1.2 Potentiel d'Hydrogène.....	39
1.3 Turbidité.....	40

1.4 Les nitrates NO <sub>3</sub> -(mg/l) .....	41
1.5 Titre alcalimétrique complet .....	42
1.6 Le Magnésium.....	43
1.7Chlorures .....	44
1.8 Calcium .....	45
1.9 Titre hydrotimétrique (T.H.) ou dureté d'une eau .....	46
1.10 Matière organique(MO) .....	47
1.11 Les nitrites NO <sub>2</sub> -(mg/l).....	48
1.12 L'Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ).....	49
1.13 La Conductivité.....	50
1.14 Total des solides dissous (TDS g/l).....	51
1.15 Salinité (Sal).....	52
2. Paramètres microbiologiques.....	53
<b>Conclusion</b> .....	56
<b>Références bibliographiques</b> .....	58



# **Introduction**

## Introduction

---

### Introduction

Les composantes naturelles d'un écosystème sont définies comme étant les éléments physiques, biologiques ou chimiques, tels que le milieu, l'eau, la flore, la faune et les éléments nutritifs ainsi que les interactions qui peuvent exister entre eux (**Davis, 1996**).

L'eau est une ressource essentielle à la vie. Elle fait l'objet d'utilisations très diverses par l'homme. Indispensable dans la production agricole, d'énergie et d'industrie.

Fragile et limitée, la ressource en eau est de plus en plus menacée par les conséquences des activités humaines. Le nombre croissant d'utilisateurs oblige aujourd'hui à gérer cette ressource de manière intégrée et efficace, dans une perspective de long terme, et, ainsi, à trouver des solutions innovantes pour répondre à la demande. L'agriculture est, de loin, l'industrie ayant la plus grande consommation d'eau. L'irrigation des régions agricoles représente 70% de l'eau utilisée dans le monde entier (**Abdellatif, 2006**).

Les zones humides gagnent en importance dans toutes les parties de la planète, car ce sont des zones qui sont saturées en eau de manière permanente ou saisonnière, de sorte qu'elles acquièrent des caractéristiques environnementales distinctives. Le principal facteur qui distingue les milieux humides des autres terrains ou plans d'eau est le couvert végétal distinctif de plantes aquatiques adaptées au sol aquatique. Là où ces zones se trouvent dans tous les continents et pays du monde, y compris l'Algérie, elle est riche en zones humides qui ont reçu une reconnaissance internationale et qui constituent l'une des ressources les plus importantes de valeur en termes de biodiversité et de productivité naturelle aujourd'hui (**Rashi, 2007**).

L'Algérie se caractérise par une grande diversité d'écosystèmes de zones humides qui constituent une ressource précieuse dans le domaine de la biodiversité favorisée par diverses formes animales et jouent un rôle important dans les processus vitaux en maintenant des cycles hydrologiques favorables aux plantes. Il existe 1 451 zones humides en Algérie, dont 762 sont naturelles et 689 sont industrielles. L'Algérie possède plusieurs parcs nationaux riches en zones humides, dont le Parc National d'El Kala, qui comprend la région orientale de la Numidie. C'est une région riche en zones humides, ce qui lui donne de l'humidité dans l'atmosphère, et cela est dû au fait qu'elle traverse une étape biochimique (**Anonyme, 2010**).

Intégralement inclus dans la Wilaya d'El Tarf, correspondant presque au tiers de sa superficie globale, le Parc National d'El Kala est l'un des parcs nationaux d'Algérie, situé à

## Introduction

---

l'extrême Nord-Est du pays. Il possède un écosystème unique dans le bassin méditerranéen. Ce Parc englobe environ un quart du complexe humide d'Annaba-El Kala, ainsi que l'élection de plusieurs sites Ramsar : (Tonga, Oubeira, Tourbière du lac Noir, les aulnaies d'Ain Khiar, la lagune du lac Mellah, lac Bleu) **(Belouahem-Abed, 2012)**.

Parmi les nombreux lacs et marais de la région d'El Kala, Havre d'une richesse naturelle très diversifiée et rare qui reste mal connue et qui se trouve soumise à une forte influence des activités humaines, il y'a le Lac Bleu qui fait l'objet de notre étude.

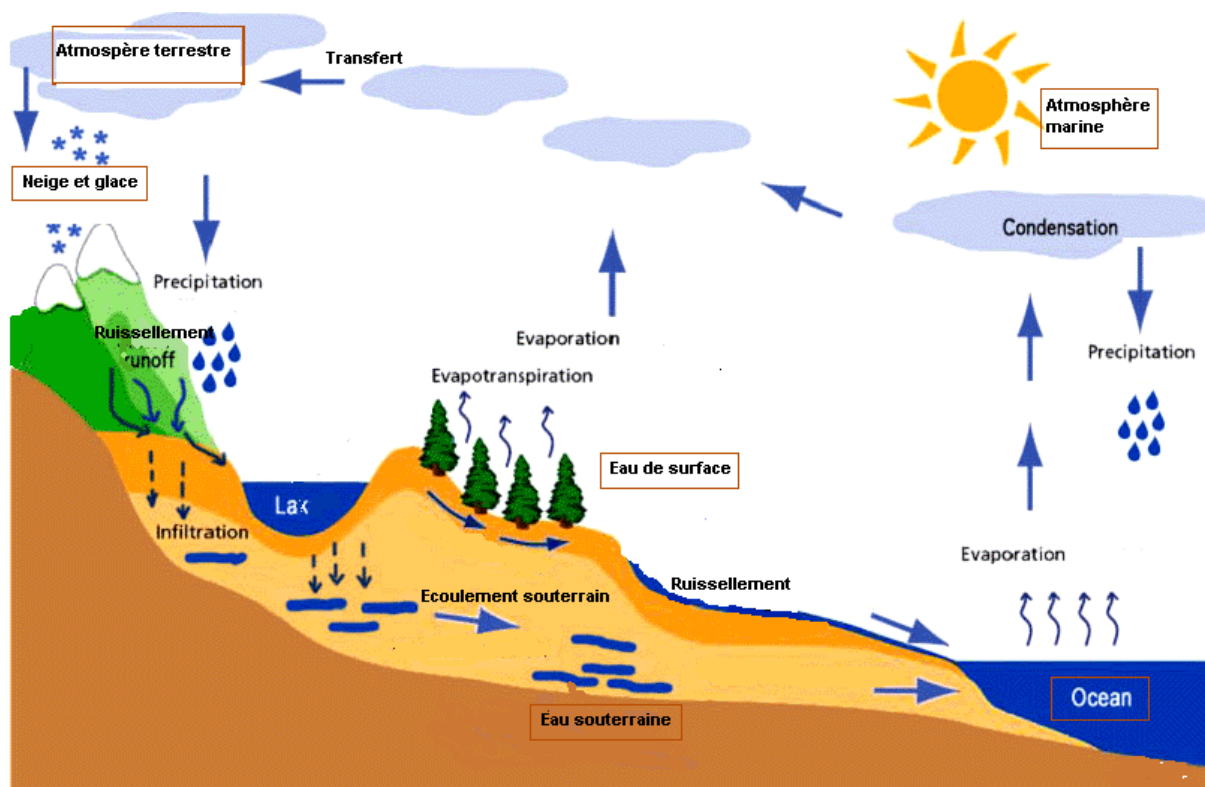
Ce lac est classé réserve intégrale au sein du parc et site Ramsar en 2004, est un étang de faible superficie localisé au nord-est de la lagune d'El Mellah et à 700 mètres au sud de la Méditerranée. Cet étang est une dépression intercontinentale d'eau douce alimentée par la nappe phréatique et d'eau de pluie s'infiltrant à travers les dunes de sable. Ce petit lac faisait jusqu'à ce jour, l'objet de simples spéculations faute d'informations précises. À cette fin l'objectif essentiel de cette étude vise à étudier la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux du Lac Bleu et son utilisation dans l'irrigation de culture et le contrôle éventuelle de la pollution due à l'activité humaine et agricole a proximité due lac.

# **CHAPITRE I: Généralité sur l'eau**

### CHAPITRE I: Généralité sur l'eau

#### I.1. Cycle de l'eau

Le cycle hydrologique est un concept qui englobe les phénomènes du mouvement et du renouvellement des eaux sur la terre (**Fig. 1**). Cette définition implique que les mécanismes régissant le cycle hydrologique ne surviennent pas seulement les uns à la suite des autres, mais sont aussi concomitants. Le cycle hydrologique n'a donc ni commencement, ni fin (**Pajoués, 2007**).



**Figure 1:**Le cycle d'eau (**Pajoués, 2007**).

Sous l'effet du rayonnement solaire, l'eau évaporée à partir du sol, des océans et des autres surfaces d'eau, entre dans l'atmosphère. L'élévation d'une masse d'air humide permet le refroidissement général nécessaire pour l'amener à saturation et provoquer la condensation de la vapeur d'eau sous forme de gouttelettes constituant les nuages, en présence de noyaux de condensation. Puis la vapeur d'eau, transportée et temporairement emmagasinée dans les nuages, est restituée par le biais des précipitations aux océans et aux continents. Une partie de la pluie qui tombe peut-être interceptée par les végétaux puis être partiellement restituée sous forme de vapeur à l'atmosphère. La pluie non interceptée atteint le sol. Suivant les conditions données, elle peut alors s'évaporer directement du sol, s'écouler en surface jusqu'aux cours d'eau (ruissellement de surface)

## **CHAPITRE I: Généralité sur l'eau**

---

ou encore s'infiltrer dans le sol (**Pajoués, 2007**). Il peut aussi y avoir emmagasinement temporaire de l'eau infiltrée sous forme d'humidité dans le sol, que peuvent utiliser les plantes. Il peut y avoir percolation vers les zones plus profondes pour contribuer au renouvellement des réserves de la nappe souterraine. Un écoulement à partir de cette dernière peut rejoindre la surface au niveau des sources ou des cours d'eau. L'évaporation à partir du sol, des cours d'eau, et la transpiration des plantes complètent ainsi le cycle. Le cycle de l'eau est donc sujet à des processus complexes et variés parmi lesquels nous citerons les précipitations, l'évaporation, la transpiration (des végétaux), l'interception, le ruissellement, l'infiltration, la percolation, l'emmagasinement et les écoulements souterrains qui constituent les principaux chapitres de l'hydrologie. Ces divers mécanismes sont rendus possibles par un élément moteur, le soleil, organe vital du cycle hydrologique. (Hydrologie – Andrée moussé)

### **I.2. Les Sources naturelles de l'eau**

Les réserves disponibles d'eaux naturelles sont constituées des eaux souterraines (infiltration, nappes), des eaux de surface stagnantes (lacs, retenues de barrages) ou en écoulement (rivières, fleuves) et des eaux de mer. Les caractéristiques générales de chacune de ces sources reflètent l'interaction de l'eau et du milieu environnant. Les eaux naturelles contiennent des substances dissoutes, principalement des sels minéraux provenant des couches géologiques que l'eau a traversées. On retrouve aussi, à l'état de trace, du manganèse, du fer, du zinc, du cobalt, du plomb. Le corps humain est arrangeant : il accepte une très grande variation de composition d'eau. Nos cellules et notre sang contiennent des électrolytes (des sels). Une eau complètement déminéralisée (ou de l'eau distillée) est mauvaise, car un phénomène "osmotique" conduirait les sels de nos cellules ou de notre sang à migrer dans l'eau, réduisant ainsi leur concentration normale dans notre corps (**Ayad, 2017**).

#### **I.2.1. Les eaux de pluie**

Les eaux de pluie sont des eaux de bonne qualité pour la consommation humaine. Elles sont très douces par la présence d'oxygène et d'azote et l'absence des sels dissous, comme les sels de magnésium et de calcium. Dans les régions industrialisées, les eaux de pluie peuvent être souillées par des poussières atmosphériques. La distribution des pluies dans le temps ainsi que les difficultés de captage font que peu de municipalités utilisent cette source d'eau (**Desjardins, 1997 ; OFEFP, 2003 in Ayad, 2017**).

## **CHAPITRE I: Généralité sur l'eau**

---

### **I.2.2. Les eaux de mer**

Les eaux de mer sont une source d'eau brute qu'on n'utilise lorsqu'il y a pas moyen de s'approvisionner en eau douce. Les eaux de mer sont caractérisées par leurs concentrations en sels dissous ; c'est ce qu'on appelle leur salinité, la plupart des eaux de mer varie de 33000 à 37000 mg /l de salinité (Ayad, 2017).

### **I.2.3. Les eaux de surface**

Qualifie toutes les eaux naturellement ouvertes sur l'atmosphère, y compris les fleuves, les rivières, les lacs, les réservoirs, les ruisseaux, les lacs de barrage, les retenues collinaires, les mers, les estuaires, etc. Le terme s'applique également aux sources, aux puits et autres collecteurs d'eau qui subissent directement l'influence des eaux superficielles. En aquarium, l'interface eau/air, couramment appelée eau de surface, correspond aux eaux superficielles (Ayad, 2017).

### **I.2.4. Les eaux souterraines**

Les eaux souterraines sont habituellement à l'abri des sources de pollution, elles sont enfouies dans le sol. Puisque les caractéristiques de ces eaux varient très peu dans le temps. Les principales caractéristiques des eaux souterraines sont: Contamination bactérienne faible ; Turbidité faible ; Température constante ; Indice de couleur faible ; Débit constant ; Dureté souvent élevée ; Concentration élevée de fer et de manganèse (Ayad, 2017).

### **I.2.5. Les nappes d'eau**

Il existe des nappes libres et des nappes captives :

- ❖ Une nappe libre est une nappe souterraine limitée au-dessus par une surface libre.
- ❖ Une nappe captive est contenue dans un aquifère, intercalé entre deux formations quasi imperméables.

#### **I.2.5.1. La nappe profonde**

Il s'agit de l'eau circulant dans une couche géologique profonde. Les nappes profondes correspondent la plupart du temps à des aquifères captifs, c'est-à-dire délimités au-dessus et au-dessous par des couches imperméables (de type argileux). L'eau d'une nappe profonde est donc généralement sous pression.

## CHAPITRE I: Généralité sur l'eau

---

Creuser un forage jusqu'à cet aquifère va donc créer une différence de pression. L'eau va monter dans le puits pour s'équilibrer avec la pression de l'air.

Le niveau d'équilibre est appelé surface piézométrique (quelquefois la surface piézométrique est au-dessus du niveau du sol. Le puits va alors déborder, c'est ce que'on appelle un puits artésien).Lorsque la couche géologique renfermant la nappe profonde arrive à l'affleurement, l'aquifère devient libre.

### I.2.5.2. La nappe phréatique

C'est la première nappe rencontrée, correspondant la plupart du temps à une nappe libre. Il s'agit de l'eau provenant des précipitations, qui s'infiltré dans le sol jusqu'à rencontrer une couche imperméable.

Le niveau de la nappe phréatique peut être au-dessus du sol si l'aquifère est saturé (zones humides (**Anonyme1**)).

### I.2.5.3. La nappe alluviale

La **nappe alluviale** est une nappe d'eau dont l'aquifère (nappe aquifère) est constitué par des alluvions et matériaux non consolidés déposés par des processus physiques dans un chenal de cours d'eau (fleuve, rivière) ou sur une plaine inondable. Les aquifères (en particulier les plus petites unités) sont souvent identifiés par la façon dont ils se sont formés(**Anonyme2**).

### I.2.5.4. La nappe karstique

Les aquifères karstiques résultent d'un processus complexe de karstification et d'évolution au cours du temps. La karstification se fait par dissolution des roches carbonatées ou sulfatées au contact de l'eau.

La karstification se fait par dissolution des roches carbonatées ou sulfatées au contact de l'eau chargée en acide carbonique ( $H_2CO_3$ ), qui dérive du gaz carbonique de l'air, plus rarement de gaz carbonique d'origine profonde (associé à de l'hydrothermalisme).

La dissolution de la roche calcaire par l'eau associée au gaz carbonique fait intervenir de nombreux paramètres physico-chimiques dans un ensemble de réactions qui peut être simplifié ainsi :eau +  $CO_2$  (gaz carbonique) +  $CaCO_3$  (roche)  $\rightarrow$  eau + (calcium + bicarbonate).

L'eau chargée en gaz carbonique dissout ainsi le carbonate de calcium de la roche pour former un sel dissous de bicarbonate de calcium qu'elle transporte et évacue vers les cours d'eau. Elle élargit progressivement les vides initiaux dans lesquels elle circule, en façonne les parois et les

## **CHAPITRE I: Généralité sur l'eau**

---

agrandit jusqu'à créer de véritables chenaux qui facilitent l'infiltration et accentuent le processus amorcé (Anonyme3).

### **I.3. Pollution des eaux**

La pollution de l'eau s'entend comme, une modification défavorable ou nocive de propriétés physico-chimiques et biologique, produite directement ou indirectement par les activités humaines, les rendant impropres à l'utilisation normale établit, la pollution peut atteindre tous les milieux telsque les fossés, les rivières, les fleuves, les canaux, les lacs, la mer, ainsi que les eaux souterraine (Schmitzberger, 2008). Selon la loi n°3 du 19 juillet 2003, « la pollution des eaux, est l'introduction dans le milieu aquatique de toute substance susceptible de modifier les caractéristiques physiques, chimiques, et/ou biologique de l'eau. De créer des risques pour la santé de l'homme, de nuire à la faune, à la flore terrestre et aquatique ».

#### **I.3.1. Origines de pollution des eaux**

##### **I.3.1.1. Pollution domestique**

Provenant des habitations, elle est en général véhiculée par le réseau d'assainissement jusqu'à la station d'épuration.

La pollution domestique se caractérise par :

- ★ Des germes fécaux ;
- ★ De fortes teneurs en matières organiques ;
- ★ Des sels minéraux (azote, phosphore) ;
- ★ Des détergents.

##### **I.3.1.2. Pollution industrielle**

Provenant des usines elle est caractérisée par une grande diversité, suivant l'utilisation de l'eau (processus). Tous les produits ou sous-produits de l'activité humaine se retrouvent ainsi dans l'eau, qui est un bon solvant :

- ★ Matières organiques et graisses (industries agro-alimentaire, équarrissages...);
- ★ Hydrocarbures (raffineries) ;
- ★ Métaux (traitement de surface, métallurgie) ;
- ★ Acides, bases, produits chimiques divers (industries chimiques, tanneries...);
- ★ Eau chaude (circuit de refroidissement des centrales thermiques) ;
- ★ Matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs).

## CHAPITRE I: Généralité sur l'eau

---

### I.3.1.3. Pollution agricole

Provenant des fermes ou des cultures, elle se caractérise par :

- ★ De fortes teneurs en sels minéraux (azote, phosphore, potassium) provenant :des engrais ; des purins et lisiers (élevage) ;
- ★ La présence de produit chimique de traitement (pesticides, herbicides...) (**Gaujous, 1995**).

### I.3.2. Les différents types des pollutions des eaux

#### I.3.2.1. Pollution organique

La pollution par les matières organiques est en effet une des importante et une des plus répandue, elle est représentée par des substances plus ou moins biodégradables (sucre, protéines ....etc.) rejetées par certaines industries agroalimentaires et de conditionnement, elle comprend aussi des substances toxiques plus ou moins remuantes (phénols, hydrocarbures, tensioactifs, pesticides....etc.) et apparentés. Ses conséquences néfastes sont essentiellement dues à l'appauvrissement du milieu en oxygène (**Pessonnet al. 1978**).

#### I.3.2.2. Pollution biologique

La pollution microbiologique est une forme de pollution de l'eau engendrée par la présence de microorganismes pathogènes tels que les virus, les parasites ou les bactéries. Ceux-ci peuvent présenter un risque pour la santé humaine ou animale(**Ramade, 2005**).

#### I.3.2.3. Pollution thermique

La pollution thermique correspond à l'augmentation ou la diminution de la température de l'eau par rapport à la température normale suite à l'action de l'homme et qui affectera la vie aquatique.Il s'agit d'une pollution diffuse, non visible et elle n'est donc pas toujours considérée comme une vraie pollution. Ce type de pollution est causé par les rejets d'eaux chaudes provenant des systèmes de refroidissement, des centrales électriques classiques, ou nucléaires (**Poesson & Perraud, 1976**).

#### I.3.2.4. Pollution radio active

Il s'agit de l'introduction, directe ou indirecte, par l'activité humaine, de substances radioactives dans l'environnement, susceptibles de contribuer ou de causer un danger pour la santé

## CHAPITRE I: Généralité sur l'eau

---

de l'homme, des détériorations aux ressources biologiques, aux écosystèmes ou aux biens matériels, une entrave à un usage légitime de l'environnement (**Oudizet al. 2000**).

### I.3.2.5. Pollution chimique

La pollution chimique se traduit par un déversement des substances chimiques dans le milieu naturel Par les différentes activités de production et de fabrication, soit directement au bien indirectement, généré principalement par le secteur industriel et le secteur agricole (**Khelfane & Kebaili, 2014**).

#### ✚ Les détergents

L'énorme utilisation de détergents (en particulier dans les ménages) à pour conséquences des nuisances importantes sur le milieu récepteur, comme la perturbation des processus d'autoépuration des eaux, et inhibe certaines espèces de micro-organisme en plus l'eutrophisation des milieux aquatique clos (lacs, étangs ....etc.) (**Pessonnet al. 1978**).

#### ✚ Les hydrocarbures

Les hydrocarbures responsable de la pollution des eaux peuvent provenir de nombreuse sources, tels que les effluents éliminés par l'industrie pétrolière, la pétrochimie, l'atelier de sidérurgie,...etc. les hydrocarbures peuvent aussi se retrouver accidentellement dans le milieu naturel par exemple les fissure dans les réservoirs de stockages et les accidents pétroliers géants et aux opérations de forage en mer, pouvant entraîner de grandes catastrophes écologiques (**Bouziyani ,2000**).

### I.3.2.6. Pollution agricole

Cette pollution est causée principalement par l'utilisation irrationnelle des engrais chimiques et les pesticides (**Gaujous,1995**).

#### ➤ Pesticides

Un pesticide est une substance répandue sur une culture pour lutter contre des organismes considérés comme nuisibles. C'est un terme générique qui rassemble les insecticides, les fongicides, les herbicides et les parasitocides. Ils s'attaquent respectivement aux insectes ravageurs, aux champignons, aux mauvaises herbes et aux vers parasites. Les pesticides, leurs produits de dégradation et leurs métabolites peuvent contaminer tous les compartiments de l'environnement (eau-sol-air) (**Brissaudet al. 1982**).

#### ➤ Engrais chimique

Les engrais sont des substances, le plus souvent des mélanges d'éléments minéraux, destinées à apporter aux plantes des compléments d'éléments nutritifs, de façon à améliorer leur

## CHAPITRE I: Généralité sur l'eau

---

croissance, et à augmenter le rendement et la qualité des cultures. Le risque environnemental le plus cité est celui de la pollution de l'eau potable ou de l'eutrophisation des eaux, lorsque les engrais, organiques ou minéraux, répandus en trop grande quantité par rapport aux besoins des plantes et à la capacité de rétention des sols, qui dépend notamment de sa texture, sont entraînés vers la nappe phréatique par infiltration, ou vers les cours d'eau par ruissellement (Schrock, 2006).

### I.3.3. Impacts de la pollution des eaux

#### I.3.3.1. Sur l'environnement

L'incidence des rejets sur notre environnement peut s'apprécier au regard des élévations de températures, des modifications du pH, des consommations d'oxygène du milieu ainsi que des effets spécifiques inhérents à chaque polluant. Ceci conduit à la modification de l'équilibre des écosystèmes, on distingue :

##### ★ Diminution de la teneur en oxygène dissout

La diminution du taux d'oxygène dissous accélère les mouvements respiratoires chez les poissons et favorise ainsi la pénétration des toxiques éventuellement présents dans l'eau. En outre, certains polluants perturbent gravement la respiration des poissons et peuvent provoquer aussi leurs morts (Pessonbet *al.* 1978).

##### ★ Prolifération d'algues

Ce phénomène est dû aux rejets excessifs de phosphate, d'azote, de carbone et d'autres éléments minéraux, liés aux activités humaines, dont les algues se nourrissent. On observe ce phénomène dans les milieux aquatiques dont les eaux sont peu renouvelées. Cette prolifération d'algues due à l'enrichissement des eaux en substances nutritives est responsable d'une diminution de la quantité d'oxygène indispensable à la survie des autres espèces, et menace par la même occasion leur existence (Menouer & Taibi, 2014).

##### ★ Modification physique du milieu récepteur

La modification physique se traduit par une augmentation de la température, coloration de l'eau...Etc. L'ensemble de ses éléments perturbateurs prévient au milieu naturel de deux façons déférentes à savoir : les rejets dans les réseaux d'égouts et les rejets diffus (lessivage des sols) (Ouikene, 2011).

#### I.3.3.2. Sur la santé humaine

Les maladies liées à la présence d'éléments pathogènes ou de molécules toxiques sont très répandues. Les parasitoses d'origine hydrique dominent très largement la pathologie des habitants

## **CHAPITRE I: Généralité sur l'eau**

---

du tiers monde : Paludisme (un million de décès par an, 100 à 150 millions de cas annuels dont 90% en Afrique, et 300 millions de porteurs de parasites) ; Filaires (maladie due à un vers injecté par des moustiques sous les climats chauds et humides) ; Le choléra, dû aux vibrions cholériques présent dans les eaux souillées ; L'hépatite A (due à un virus présent aussi dans les eaux polluées) ; les dysenteries d'origines parasitaires, bactériennes et virales aux conséquences qui peuvent être très graves chez le jeune enfant ; Les métaux lourds comme le mercure, le plomb, le cadmium, le cuivre.....etc. Présentent la particularité de se concentrer dans la chaîne biologique. Ils ne sont pas dégradables, leur présence est donc rémanente. Ils conduisent à des pathologies diverses en fonction de leur nature, ces pathologies peuvent être très graves, voire mortelles (Moletta, 2014).

### **I.3.3.3. Sur l'économie**

Il faut se rendre compte que dépolluer reste encore actuellement une activité coûteuse. Personne ne peut nier l'absolue nécessité de prendre en compte notre environnement. En France comme dans les pays développés, la plus part des collectivités et les industries prennent en charge leurs rejets. En certaines périodes de l'année, la prolifération d'algues qui viennent s'échouer et pourrir sur les côtes de la Manche conduit à des nuisances qui perturbent fortement l'activité touristique de ces régions... Cette prolifération est attribuée aux rejets de polluants azotés et phosphorés directs ou indirects. Le maintien de l'activité touristique implique l'élimination de ces nuisances. Ceci représente un coût et un manque à gagner important. Comme c'est souvent le cas, le secteur qui est à l'origine de la pollution n'est pas le secteur qui en subit les conséquences (Moletta, 2014).

## **CHAPITRE II. Présentation de la zone d'étude**

### CHAPITRE II. Présentation de la zone d'étude

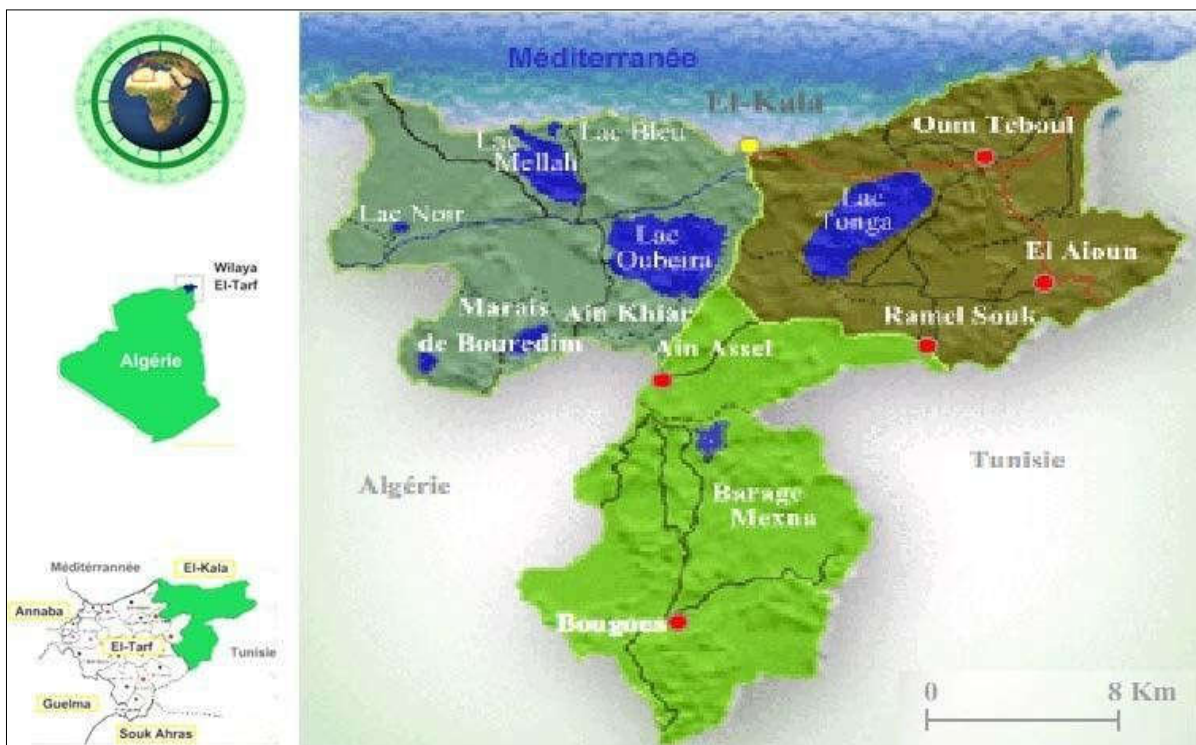
La présente étude a été réalisée au niveau du Parc National d'El Kala (PNEK).

#### II.1. Situation géographique et administrative du PNEK

Créé en 1983, le Parc National d'El Kala se situe à l'extrême nord-est de l'Algérie d'une superficie de 80 000 ha, il est bordé au nord par la mer Méditerranée et à l'est par la frontière tunisienne (**Benyacoub, 1993**).

Il abrite de nombreux lacs et un écosystème unique dans le bassin méditerranéen. Le parc a été classé sur la liste du patrimoine national et réserve de biosphère par l'UNESCO en 1990 (source : archive de la direction du Parc), Ce riche parc a la particularité d'être ouvert à l'habitation.

Il se situe à l'extrême Nord Est Algérien. Entièrement localisé dans la wilaya d'El-Tarf, le Parc National d'El Kala est limité à l'Est par la frontière Algéro-Tunisienne, au Nord il est limité par la méditerranée, à l'Ouest par le vaste marais de la Mekkada, au Sud et à l'Est par les versants Nord et Nord-est des monts de la Medjerda (**Fig. 2**) (**Benyacoub,1993**).



**Figure 2:** Situation géographique et administrative du PNEK (**PNEK, 2022**).

## CHAPITRE II. Présentation de la zone d'étude

### II.2. Présentation du site d'étude (Lac Bleu)

#### II.2.1. Description du Lac Bleu

Le Lac Bleu est classé réserve intégrale au sein du parc et site Ramsar en 2004, est un étang de faible superficie localisé au nord-est de la lagune d'El Mellah et à 700 mètres au sud de la Méditerranée (**Benyacoub et al. 1998**).

Ses coordonnées géographiques sont : N 36.909° - E 8.338°, altitude : 4m à 8 m. A environ une dizaine de kilomètres à l'ouest de la ville d'El Kala et situé dans le massif dunaire qui barre tout le nord du lac Mellah jusqu'à Mezira; il est la conséquence hydro éomorphologique de la percolation dans une dépression, de la nappe phréatique à travers les sables de la dune (**Fig. 3**) (**Benyacoub et al. 1998**).

**Au Nord par Koudiat El Rhârqui les épave de la méditerranée située à plus de 500m.**

- ★ **Au Sud** à environ 1250m par le Douar Boû-malek.
- ★ **Au Sud- Ouest**, par la Koudiat Ain El-Roumi, les éparant du lac El Mellah qui se trouve à peu près à 625m.
- ★ **A l'Est**, par Koudiat Terch.
- ★ **A l'Ouest**, par Koudiat El Achêch.



Ses coordonnées géographiques au centre sont : 8° 20' 18,14" E ; 36° 54' 34,31" N

**Figure 3:** Carte géographique du Lac Bleu (**PNEK,2022**).

## CHAPITRE II. Présentation de la zone d'étude

### II.2.2. Caractéristiques morphologiques

- Situé dans un sous bassin versant qui s'étale sur 128 ha ;
- La longueur est de 250 m ;
- La superficie en situation de pleine eau est de 7 ha ;
- Volume total d'eau 43845 m<sup>3</sup> ;
- Superficie du plan d'eau 3 ha ;
- Périmètre plan d'eau 0,85 km ;
- Bathymétrie : les profondeurs varie de 1,60 – 3,15mm.(PNEK, 2022).

### II.2.3. Caractéristiques physico-chimiques

- Températures de l'eau: de 18°C max en hiver 32 °C max en été ;
- Teneur en oxygène : les plus élevées entre Février et mai (5 .à 7mg/l) ;
- Le PH : varie entre 6,61 – 9,50 ;
- Les teneurs en nitrates : de 3,79 et 0 4,15 µmoles /l ;
- Les teneurs en orthophosphates (po4): de 0,2 et 0,5 mg/l (PNEK, 2022).

### II.2.4. Richesses patrimoniales

#### II.2.4.1. Faune

D'une manière générale, l'avifaune nicheuse du Lac Bleu n'est pas importante. Cette pauvreté à la taille réduite du site. Cependant, les espèces présentes sont des nicheurs réguliers (Tab.1)(PNEK, 2022).

Tableau 1:Quelques espèces végétales du Lac Bleu

Familles	Espèces
<i>Anatidae</i>	02 espèces (Canard colvert, Fuligule nyroca)
<i>Accipitridae</i>	01 espèce (Busard des roseaux
<i>Ardéidae</i>	04 espèces (Aigrette garzette, Grande aigrette, Héron cendré.....)
<i>Larides</i>	01 espèce (Mouette rieuse)
<i>Podicipedidae</i>	02 espèces (Grèbe castagneux, Grèbe huppé)
<i>Scolopacidae</i>	04 espèces (Chevalier arlequin, Chevalier culblanc, Bécassine des marais...)
<i>Sturnidae</i>	01 espèce (Etourneau unicolore)
<i>Sylviidae</i>	01 espèce (Cisticole des joncs)
<i>Rallidea</i>	03 espèces (Foulque macroule, Râle d'eau, Poule d'eau)

## CHAPITRE II. Présentation de la zone d'étude

En plus de ces espèces qui fréquentent le lac, 39 autres espèces fréquentent les bords et les berges du lac on cite : Chardonneret élégant , Engoulevent d'Europe , Gobe-mouche gris , Guépier d'Europe, Rossignol philomèle, Serin cini, Rouge-gorge, Tourterelle des bois, Moineau domestique, Verdier, Chouette effraie, les Martinet, les fauvettes .....etc)

- ❖ **Les mammifères:** 06 espèces (Sanglier, Chacal, Hérisson, Genette, Mangouste...)
- ❖ **Les rongeurs et lagomorphes:** 04 espèces (Souris de la tâte, lapin de garenne, Rat rayé d'Algérie, Rat commun...)
- ❖ **Les chiroptères:** 8 espèces (pipistrelle commune, petit murin, grand rhinolophe...)
- ❖ **Les odonatofaune:** 27 espèces (*Aeshna affinis*, *Anax imperator*, *Cercion lindenii*, *Orthetrum cancellatum*, *Sympetrum sanguineum*, *Lestes virens*, *Trithemis annulata*, *Urothemis edwardsii*....) (PNEK, 2022).

### II.2.4.2. Flore

La flore du Lac Bleu est marquée par l'action de deux facteurs principaux :

- ★ La présence de l'eau avec ses gradients d'humidité du plan d'eau vers les rives
- ★ Les conditions xériques des substrats dunaires environnants.

Ces deux facteurs vont conditionner la présence d'un couvert végétal caractérisé par des contrastes forts des espèces qui le compose. D'un côté une végétation hydrophytes voire amphibie, avec son cortège d'hélophytes, d'hydrophytes. De l'autre, une végétation marquée par la présence d'espèces xérophytes (Tab.2) (PNEK, 2022).

Tableau 2: Quelques espèces végétales du Lac Bleu

Espèces		
<i>Alisma ranunculoides</i>	<i>Lavendula stoechas</i>	<i>Pistacia lentiscus</i>
<i>Alnus glutinosa</i>	<i>Leersia hexandra</i>	<i>Polygonum salicifolium</i>
<i>Anagallis arvensis</i>	<i>Lemna minor</i>	<i>Potamogeton trichoides</i>
<i>Carex elata</i>	<i>Lycopus europaeus</i>	<i>Quercus coccifera</i>
<i>Ceratophyllum demersum</i>	<i>Lythrum meoanthum</i>	<i>Salix pedicellata</i>
<i>Chamaerops humilis</i>	<i>Lythrum salicaria</i>	<i>Salix purpurea</i>
<i>Cladium mariscus</i>	<i>Lythrum tribracteatum</i>	<i>Scirpus lacustris</i>
<i>Erica arborea</i>	<i>Mentha rotundifolia</i>	<i>Thelypteris palustris</i>
<i>Galium palustris</i>	<i>Nymphaea alba</i>	<i>Thelypteris interrupta</i>

## CHAPITRE II. Présentation de la zone d'étude

---

<i>Genista tricuspidata</i>	<i>Olea europaea</i>	<i>Typha angustifolia</i>
<i>Iris pseudo-acorus</i>	<i>Osmunda regalis</i>	<i>Typha latifolia</i>
<i>Juncus acutus</i>	<i>Paspalum distichum</i>	<i>Utricularia vulgaris</i>
<i>Juniperus oxycedrus</i>	<i>Phragmites australis</i>	<i>Fraxinus excelsior</i>

# **Chapitre III : Matériels Et Méthode**

### Chapitre III : Matériels Et Méthode

#### III.1. Méthodologie de travail

##### III.1.1. Préparation du matériel

La préparation du matériel est une étape très importante qui doit être bien planifiée. Le matériel de terrain doit inclure notamment une quantité suffisante de bouteilles stérilisées (flacons en verre) clairement identifiées, une glacière, des poches de glace, un GPS, un appareil photo et un carnet pour prendre des notes sur le terrain.

##### III.1.2. Enregistrement et étiquetage des échantillons

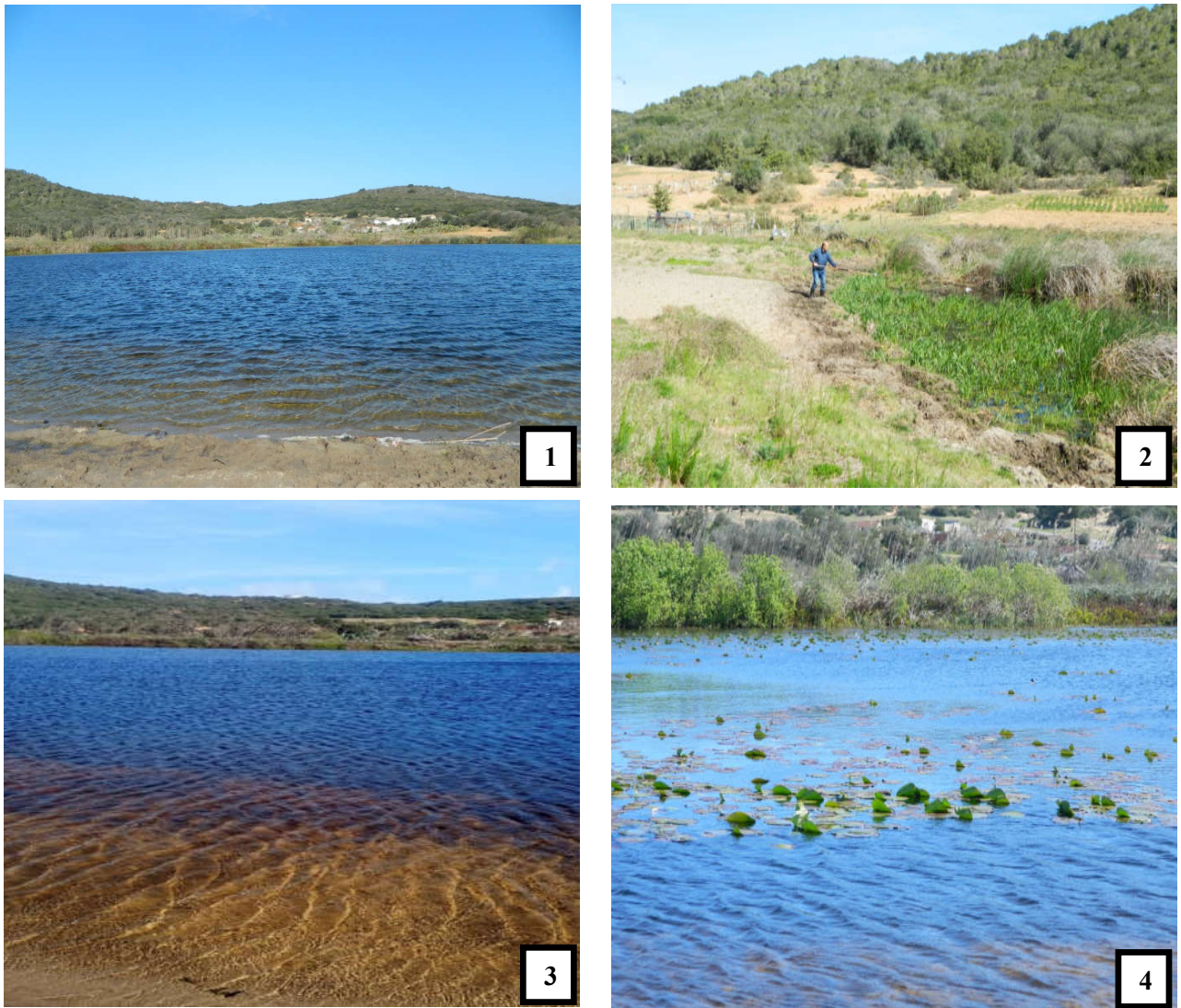
Pour faciliter le travail et l'exploitation des résultats, tout en évitant les erreurs, il est essentiel que les échantillons soient clairement étiquetés immédiatement avant les prélèvements et que les étiquettes soient lisibles et non détachables, on doit noter avec précision : la date, l'heure, le lieu, le nom de la source les conditions météorologiques, le numéro et toutes circonstances normales.

##### III.1.3. Choix des stations et des prélèvements

Dans le cadre de l'analyse de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau du Lac Bleu, un choix de quatre stations a été fait (**Fig. 4**).

Les échantillons d'eau sont prélevés des quatre stations du lac. Huit prélèvements ont été effectués au mois de Mars, au mois de Mai de l'an 2023. Les échantillons d'eau ont fait l'objet des différentes analyses physiques, chimiques et bactériologiques. Les résultats des analyses sont traités ensuite pour en tirer des conclusions. Les sites d'échantillonnage ont été choisis en fonction de leur exposition aux différents polluants.

Des services extérieurs ont été sollicités pour la réalisation des analyses physico-chimiques ; A.D.E (Boutalja) et microbiologiques au niveau du service hygiène de E.P.S.P El Kala



**Figure 4:** Les différentes stations de prélèvements au niveau du Lac Bleu.

### III.1.4. Mode de prélèvement

C'est le mode de prélèvement le plus fréquemment utilisé. Les flacons sont remplis sans agiter l'eau au contact de l'air. Pour cela, il est nécessaire d'utiliser un tuyau adapté à la prise d'échantillon et plongeant au fond de la bouteille, de laisser renouveler plusieurs fois le contenu de celle-ci puis boucher aussitôt. Certaines analyses (oxygène, gaz carbonique, pH...) exigent d'éviter toute agitation et contact avec l'air. Les échantillons pour les analyses bactériologiques sont prélevés en flacons stériles après avoir flambé le point de puisage (robinet métallique) et laissé couler l'eau à débit constant pendant une minute environ sous la protection de la flamme avant de prélever. Il est indispensable de noter sur chaque échantillon la date, l'origine et la nature de l'eau.

## **Chapitre III: Matériels Et Méthode**

---

### **III.1.5. Transport et conservation des échantillons avant l'analyse**

Les échantillons prélevés doivent être remis le plus tôt possible pour l'analyser. Ils doivent être acheminés dans des conditions qui évitent une modification du nombre de micro-organismes présents. Ils doivent être transportés dans des glacières aux températures comprises entre 2 et 10° C. Depuis le moment du prélèvement à celui de l'examen, la teneur des échantillons en coliformes se modifie, il est important de procéder à l'analyse dans un délai très court, inférieur à 8 heures. En aucun cas l'analyse ne doit être effectuée lorsque le délai dépasse 24 heures. Si le transport doit dépasser une heure, il faut utiliser une boîte isotherme munie d'éléments réfrigérants. Pour les échantillons qui ne sont pas analysés sont aussitôt placés au réfrigérateur et conservés jusqu'au début des analyses.

### **III.2. Analyses physico-chimiques**

Ces paramètres sont très sensibles aux conditions du milieu et sont susceptibles de changer dans des proportions importantes s'ils ne sont pas mesurés sur place.

#### **III.2.1. Paramètres physiques**

##### **III.2.1.1. Le Potentiel Hydrogène (pH)**

La valeur du pH permet de déterminer l'acidité, la neutralité ou la basicité de l'eau, autrement dit la concentration en ions hydrogène. Le pH est mesuré à l'aide d'un pH-mètre (Fig. 5).

#### **Mode opératoire**

- Rincez la sonde de pH mètre par l'eau distillée ou l'eau à analyser ;
- Immerger la sonde dans le flacon d'eau à analyser ;
- Cliquer sur le bouton enter ;
- Après quelques secondes le pH d'eau s'affichera sur l'écran du pH mètre.



**Figure 5:** Mesure du pH (pH- mètre).

### III.2.1.2. La température

La mesure de la température est effectuée à l'aide d'un multi-paramètre (**Fig. 6**).



**Figure 6:** Mesure de la température.. multi

### III.2.1.3. La turbidité

Mesure la quantité de matière en suspension à l'origine d'un trouble. La turbidité est favorisée par la pluviométrie. Dans les eaux profondes, la turbidité empêche la lumière influençant ainsi la végétation.

A l'un turbidimètre, il est recommandé d'effectuer la mesure aussi rapidement que possible. Après prélèvement, de préférence le même jour. Les échantillons doivent être agités avant la mesure.

## Chapitre III: Matériels Et Méthode

---

### Mode opératoire

La turbidité a été mesurée grâce à un turbidimètre selon les étapes suivantes :

- Rincer la cuvette avec l'eau à analyser puis la remplir ;
- Nettoyer la cuvette et s'assurer que la surface de la cuvette est sèche et quelle ne contient aucune tache ;
- Placer la cuvette et noter la mesure affichée sur l'écran de l'instrument ;
- Jeter l'échantillon et rincer la cuvette (**Fig. 7**).



**Figure 7:** Mesure de la turbidité (turbidimètre).

### Fig.: Mesure de la turbidité

#### III.2.1.4. Mesure de la conductivité, salinité et TDS

La conductivité électrique (CE)

Mesure avec un appareil nommé un conductimètre (**Fig. 8**).

### Mode opératoire

Rincez la sonde de conductimètre par l'eau à analyser ; cliquer sur le bouton enter après quelque seconde le pH de l'eau s'affichera sur l'écran du conductimètre après on obtenu le résultat.



**Figure 8:** Mesure de la conductivité.

La salinité et TDS

Mesure avec un appareil nommé un multiélément (Fig. 9).

### Mode opération

Rincez la sonde de multiélément par l'eau à analyser après on a cliqué sur le bouton enter. Cliquer sur chaque paramètre d'analyse et lire le résultat après quelques secondes la salinité et TDS de l'eau s'affichera sur l'écran du multiélément, on a obtenu le résultat.



**Figure 9:** Mesure de la Salinité, TDS (Multiélément).

### III.2.2. Paramètres chimiques

#### a. Titre alcalimétrique complet

Dans une Erlenmeyer de 250ml introduire :

- Échantillon .....100ml

## Chapitre III: Matériels Et Méthode

---

- Vert de bromocresol .....02 gouttes

Une coloration bleue doit être développée. Titrer avec le  $H_2SO_4$  (N/50) jusqu'au virage vert jaune (**Fig. 10**).

### ★ Expression des résultats

- **Calcul du TA**

**TA en  $F^\circ = V_e$**

**$V_e$**  : Est le volume en ml du  $H_2SO_4$  (N/50) utilisé pour l'échantillon.

- **Calcul du TAC**

**TAC en  $F^\circ = (V_e - V_b) \times \text{titre}$**

**$V_e$**  : Est le volume du  $H_2SO_4$  (N/50) utilisé pour l'échantillon

**$V_b$**  : Est le volume du  $H_2SO_4$ (N/50) utilisé pour le blanc

**Titre** : Lecture réel du titre (10ml) divisé par le volume du  $H_2SO_4$  (N/50) utilisé pour le titre.

**TAC en mg/l de  $CaCO_3 = TAC F^\circ \times 10$**



**Figure 10:**Mesure de TAC.

### b. Dosage du TH ou titre hydrotimétrique

La mesure du TH effectuée 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.

### ★ Méthodes de dosage

Dosage par liqueur complexométrique (ou liqueur hydrotimétrique).

### ➤ Principe

La mesure est un dosage volumétrique par un réactif titrant complexant, l'EDTA (sel tétrasodique de l'acide éthylène diamine tétra-acétique). La méthode peut être mise en défaut lorsque les eaux sont riches en cuivre et/ou en fer dissous. L'EDTA a la propriété de se combiner avec les ions calcium puis magnésium pour former des composés solubles « les chélates ». La fin du dosage est décelée par la couleur bleue de l'indicateur coloré (Indicateur Net), étant violet tant que les ions magnésium restent à l'état libre en solution.

### ➤ Mode opératoire

Prélever 50 ml d'eau à analyser dans une fiole de 50 ml. Les verser dans un erlenmeyer adapté puis en à ajouter 20 gouttes de solution tampon K10 (solution  $\text{NH}_4^+ / \text{NH}_3$ ) permettant la complexation totale des ions calcium et magnésium à  $\text{pH} = 10$ . En cas de perturbation (cas des eaux riches en cuivre et/ou fer dissous), ajouter une jauge d'acrobate de sodium, une jauge de cyanure de potassium et 6 à 8 gouttes d'Indicateur Net :

- Si la solution est **bleue** :  $\text{TH} = 0$  donc l'eau est à doucie ou non-dure.
- Si la solution est **violette** : doser le mélange par la liqueur hydrotimétrique (solution d'EDTA N/25). Ajouter jusqu'au virage du violet au bleu ; verser l'eau à analyser dans le tube à essai jusqu'au repère ; ajouter 2 gouttes de réactif K ; agiter et en fin ajouter 5 gouttes de réactif TH test 1 (NET) ; agiter.
  - ✓ Si la couleur est bleue, le  $\text{TH} = 0$  : l'eau n'est pas dure.
  - ✓ Si la couleur est violette, l'eau a une certaine dureté : ajouter goutte à goutte le réactif TH test 2 (complexe). Compter le nombre de gouttes ajoutées jusque là obtenir une coloration bleue. La dureté ou TH en  $\text{F}^\circ$  est égale à deux fois le nombre de gouttes de réactif TH test 2 versées (**Fig. 11**).



Figure 11: Dosage de TH

## Chapitre III: Matériels Et Méthode

---

### c. Le magnésium (Mg<sup>+</sup>)

Ses origines sont comparables à celle du calcium, cet élément provient de la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium (magnésite et dolomite) (Rodier,1996). Le magnésium est l'élément majeur le moins abondant dans les eaux de sources que les autres éléments (cations et anions).

La teneur global en calcium et magnésium exprimé en mmol/l et donnée par l'équation suivante :

$$C (Ca + Mg) = C1V3/Vo$$

**C1:** Concentration exprimée en mmol/l de la solution d'EDTA.

**Vo:** Est le volume en ml de l'échantillon.

**V3:** Volume en ml de la solution d'EDTA utilisé pour le titrage.

La teneur global en calcium et magnésium exprimé en mg/l de CaCO<sub>3</sub>; et donnée par l'équation suivante :

$$C1.V3/ V0 \text{ en mmol/l X } 100$$

La concentration du magnésium en mg/l = (La teneur global en calcium et magnésium en mmol/l) - (la teneur en calcium en mmol/l)] x 24.305

✚ **24.305** c'est la masse molaire du magnésium.

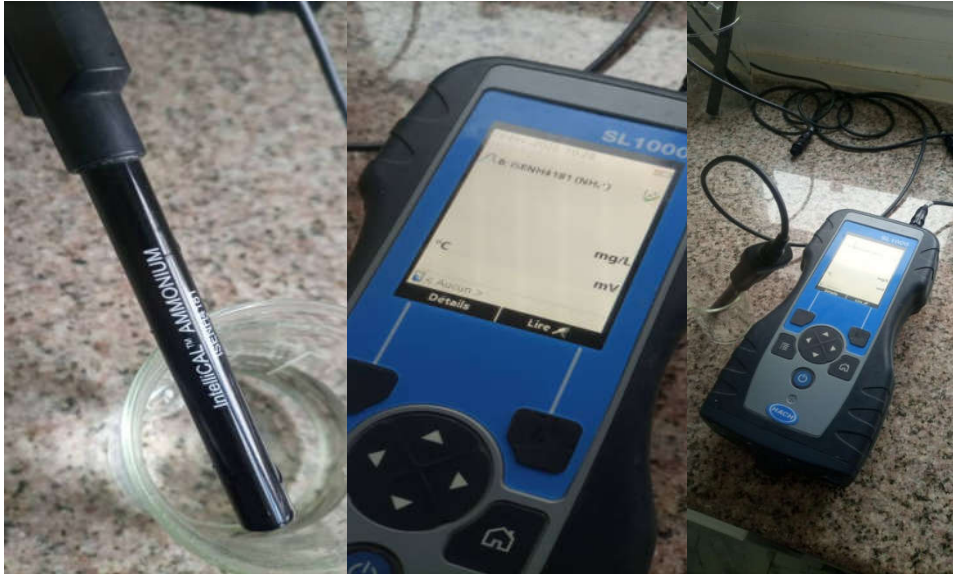
Le magnésium est l'élément majeur le moins abondant dans les eaux de sources que les autres éléments (cations et anions).

### d. Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)

L'ammonium dans l'eau traduit habituellement un processus de dégradation incomplet de lamatière organique. L'ammonium provient de la réaction de minéraux contenant du fer avec des nitrates. C'est donc un excellent indicateur de la pollution de l'eau par des rejetsorganiques d'origine agricole, domestique ou industriel. Mesurer avec un multiélément.

### Mode opératoire

Rincez la sonde de multiélément par l'eau à analyser; cliquer sur le bouton enter ; cliquer sur chaque paramètre d'analyse et lire le résultat après quelques secondes s'affichera sur l'écran du multiélément le résultat (Fig. 12).



**Figure 12:** Mesure d'Ammonium (Multiélément).

### e. Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )

Dosage de Nitrite ( $\text{NO}_2^-$ )

#### Réactif

- Réactif coloré ..... 1ml.



**Figure 13:** Réactif coloré Nitrite.

#### Mode opératoire

Introduire 40 ml d'échantillon, ajouter 1 ml d'un réactif coloré dans une fiole jaugée de 50 ml compléter au volume avec de l'eau distillée. En attendant 20 min, Si la couleur rose c'est-à-dire les nitrates sont présent dans l'eau à analyser. Effectuez parallèlement au dosage, un essai à blanc en suivant le même mode opératoire en utilisant les mêmes quantités de réactif mais en employant le même volume approprié

d'eau distillée à la place de la prise d'essai. Ensuite nous entrons l'eau à analyser dans le spectrophotomètre à U.V et me donner la concentration des nitrites.

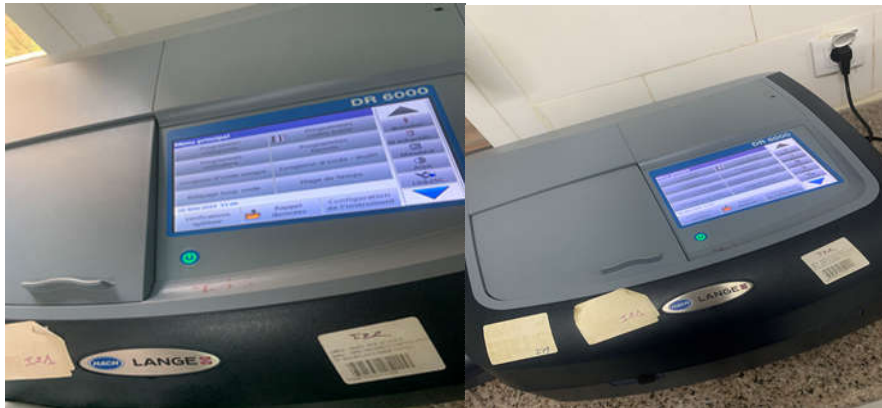


Figure 14: Spectromètre (mesure du Nitrites)



Figure 15: La présence des Nitrites.

### f. Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

Le nitrate est une substance chimique naturelle qui entre dans le cycle de l'azote. Il est plus stable des deux formes d'azote, mais sous l'action microbienne, Il est présent à l'état naturel partout dans l'environnement(Fig. 12).

### g. Calcium ( $\text{Ca}^{+}$ )

Le calcium est un élément alcalinoterreux, son présence dans l'eau (ions Ca) est liée principalement à deux origines naturelles : soit la dissolution des formations carbonatées( $\text{CaCO}_3$ ), soit à la dissolution des formations gypsifères ( $\text{CaCO}_4$ ) (Fig. 16).

#### ➤ Mode opératoire

Dans un Erlenmeyer de 250 ml introduire :

- Prise d'essai (échantillon)... .....50 ml

## Chapitre III: Matériels Et Méthode

- NaOH 2 mol/l.....02 ml
- HSN.....0.2 g

La solution doit se colorer en rouge fonce violet, et son pH = 10. Titrer immédiatement avec l'EDTA à 10mmol/l jusqu'au l'obtention d'une couleur bleu.

### ➤ Expression des résultats

La concentration en calcium,  $CCa$ , exprimée en mmol/l est donnée par l'équation :

$$CCa = C1.V3 / V0$$

$C$ : Concentration en mmol/l de la solution d'EDTA.

$V_0$ : Volume en ml, de la prise d'essai.

$V_3$  : Volume en ml, de la solution d'EDTA, utilisé pour le dosage.

- Si l'on désire exprimer la teneur en calcium,  $a_{Ca}$  celui-ci est donné, en mg/l, par l'équation :  $a_{Ca} = C1V3 / V0 . X A$

Où  $A$  est la masse atomique relative de calcium (40.08u).



**Figure 16:** Mesure de Calcium.

### h. Chlorures (Cl<sup>-</sup>)

L'origine des chlorures est liée principalement à la dissolution des formations salifères et à l'effet de la salinité marine. Ils proviennent aussi de la pollution anthropique et de l'évaporation intense qui provoque l'augmentation des concentrations en ions Cl<sup>-</sup>, qui se reproduit dans les régions où le niveau statique est proche de la surface du sol.

### ➤ Mode opératoire

Dans un Erlenmeyer de 250 ml introduire :

## Chapitre III: Matériels Et Méthode

- Prise d'essai.... 100 ml
- Chromate de potassium.....01 m
- Titration avec le  $\text{AgNO}_3$  à 0.02 mol/l| jusqu'au virage rouge brun



Figure 17: Mesure de Chlorure.

### ➤ Expression des résultats

Concentration de chlorure en mg/l.

$$Ve - VB / p \times C \times \text{titre} \times f$$

**Ve:** Volume en ml de l' $\text{AgNO}_3$  utilisé pour le titrage de l'échantillon.

**Vb:** Volume en ml de l' $\text{AgNO}_3$ ; utilisé pour le titrage du blanc.

**P:** Volume en ml de l'échantillon pour essai.

**C:** Concentration réel en mmol/l de l' $\text{AgNO}_3$ .

**f:** Facteur de conversion = 35453 mg/mol.

### i. Matière organique MO

#### ★ Dosage de la matière organique

##### ➤ Réactif

- Acide sulfurique.....5ml
- Permanganate de potassium .....5ml
- Oxalate de sodium .....5ml

### ➤ Mode opératoire

Prendre 25 ml d'échantillon, ajouter 5 ml d'acide sulfurique chauffer pendant 10 min à 85-90 °C dans un bain marie, ajouter 5 ml de  $\text{KmnO}_4$ , chauffer une autre fois 10 min à 90°C, retirer l'échantillon et ajouter 5ml d'oxalate de sodium.

- Si la couleur rose donc la matière organique égale (0).
- Si la couleur transparente en titre avec le  $\text{KmnO}_4$  jusqu'à obtenir la couleur rose ( $V_1$ ).

Effectuer parallèlement au dosage, un essai à blanc en suivant le même mode opératoire en utilisant les mêmes quantités de réactif. Si la couleur rose de blanc c'est-à-dire la matière organique égale (0). Donc ( $V_0 = 0$ ).

Après l'apparition de la couleur rose de blanc en ajoute une autre fois 5ml de l'oxalate de sodium. Afin d'obtenir la couleur transparente et en titre avec le  $\text{KmnO}_4$  jusqu'à la couleur rose ( $V_2$ ) pour effectuer la relation suivante :

$$C_{(\text{MO})} = [(V_1 - V_0) / V_2] \cdot 16$$

$C_{(\text{MO})}$  : Concentration de la matière organique.

$V_1$  : Volume  $\text{KmnO}_4$  (volume titrer de l'échantillon).

$V_0$  : Volume blanc  $\text{KmnO}_4$  (première étape).

$V_2$  : Volume blanc  $\text{KmnO}_4$  (deuxième étape).



**Figure 18:** Mesure de la matière orgiaque (réactif de la matière organique et le bain marie).

### III.3. Analyse bactériologique

L'analyse bactériologique a portée sur l'étude des bactéries indicatrices de pollution fécale qui regroupent les coliformes totaux et les coliformes thermo tolérants Streptocoques fécaux.

#### III.3.1. Dénombrement des coliformes et streptocoques par filtration sur membrane

##### ★ Principe

La méthode de filtration sur membrane consiste à recueillir, identifier et dénombrer les bactéries recherchées dans un échantillon à la surface d'une membrane filtrante stérile.

##### ★ Mode opératoire

On procède à la filtration sur membrane de 100 ml de l'échantillon d'eau à analyser (Fig. 19).



Figure 19: Mesure du ct et ctt et sf

##### ★ Incubation

- Placer les boîtes à l'étuve à 37°C (incuber les boîtes couvercle vers le bas pour que la condensation s'accumule dans le couvercle).
- Pour la recherche de coliformes, placer les boîtes à 37°C pendant 24 et 48 heures.

## Chapitre III: Matériels Et Méthode

---

- Pour la recherche de coliformes thermo tolérants, placer les boîtes à 44°C pendant 24 et 48 heures.

### ★ Résultats

- Identification des colonies et dénombrement :
- Le dénombrement des bactéries repose sur le principe dans lequel une colonie se forme par la division d'un seul micro-organisme.
- Examiner la membrane à la fin de l'incubation, à travers le couvercle.
- Pour des raisons de sécurité, ne jamais ouvrir la boîte.
- Coliformes: sont considérées comme caractéristiques les colonies qui présentent une coloration jaune orangé. Coliformes thermo tolérants: sont considérées comme caractéristiques les mêmes colonies que pour les coliformes, mais après incubation à 44°C.
- Compter les colonies en marquant chaque colonie sur le fond de la boîte avec un marqueur indélébile.

### ★ Calcul

Exprimer le résultat en nombre de bactéries par 100 ml.

### III.3.2. Dénombrement des Streptocoques fécaux

#### ★ Principe

Les streptocoques fécaux des bactéries qui se présentent sous forme de Cocci à Gram positive, sphériques ou ovoïdes. Ils sont capable de se développer en 24 à 48 heures à 37°C sur un milieu sélectif à l'azoture de sodium en donnant des colonies caractéristiques réduisant le TTC et qui de plus hydrolysent l'esculine en 2 heures à 44°C, après repiquage d'une colonie sur une gélose biliée à l'esculine et à l'azoture.

#### ★ Mode opératoire

La recherche des streptocoques fécaux par filtration sur membrane nécessite une préparation au préalable, qui se déroule selon les étapes suivantes :

- Stériliser l'entonnoir gradué en acier inoxydable ainsi que la membrane poreuse à l'aide d'un bec bunsen ;
- Laisser refroidir, après, avec l'eau à analyser si on en dispose en quantité suffisante ou bien avec de l'eau distillée stérile ;
- Mettre en place une membrane de porosité nominale de 0,45µ entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile ;

## Chapitre III: Matériels Et Méthode

---

- Déposer ensuite aseptiquement 100 d'eau à analyser, selon les types d'eaux à analyser, devant un bec bunsen ;
- Actionner ensuite la pompe à vide pour absorber l'eau à travers la membrane ;
- Retirer l'entonnoir puis transférer la membrane à l'aide d'une pince, à la surface d'une plaque de gélose SLANETZ et BARTLEY préalablement préparée. Cette dernière sera incubée couvercle en bas à 36 à 2°C pendant 44 à 4 heures.

### ★ Lecture

Après l'incubation, les streptocoques fécaux apparaissent sous forme de petites colonies lisses à contours réguliers et pigmentées en rouge, marron ou rose. Transférer aseptiquement la membrane du milieu de Slanetz et Brateley sur une plaque de gélose Bile esculine azoture (BEA) préchauffée préalablement à 44°C. Cette dernière sera incubée à son tour à 44 à 0,5°C pendant 2 heures. Les colonies caractéristiques prennent alors une coloration noire.

# **Résultats et discussion**

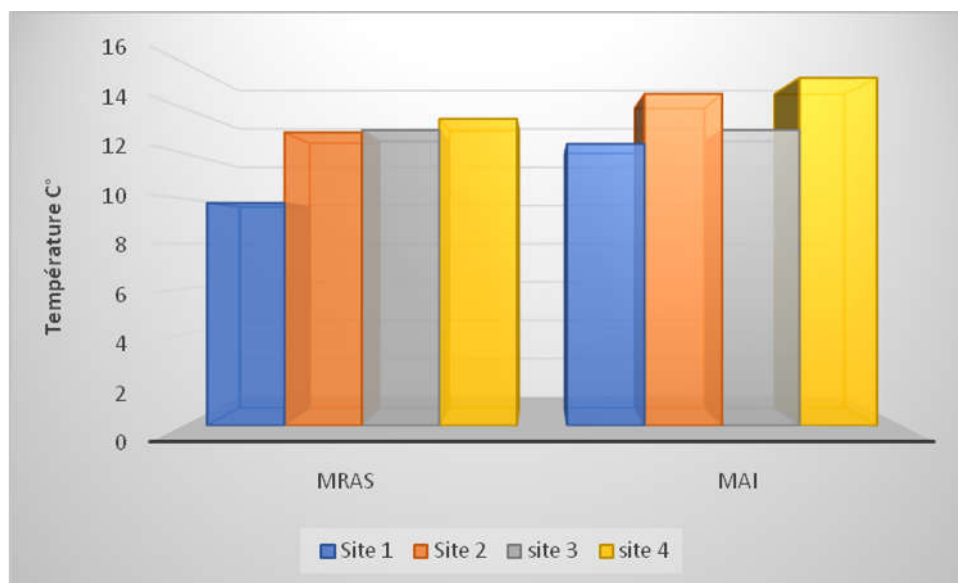
### Résultats et discussion

#### 1. Paramètres physico-chimiques :

Les résultats de mesure des paramètres physico-chimiques des eaux du lac bleu sont reportés sur les histogrammes ci-dessus,

##### 1.1 Température

La figure 20 montre que les résultats obtenus indiquent une température d'eau variable; la température minimale obtenue est de 9.8°C enregistrée dans la (site 1) pendant le mois de Mars, et la température maximale est de 14.6°C noté dans le(site 2) pendant le mois Mai



**Figure 20:** Variation de la température au niveau des eaux du lac bleu pendant le mois de Mai et de Mars.

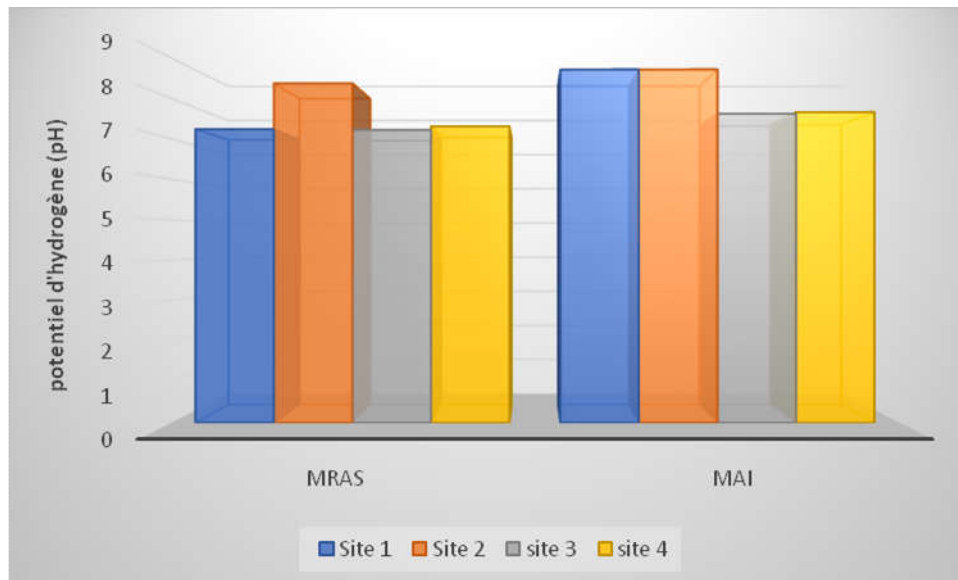
Chaouch *et al.*, 2009, explique que la température est un facteur écologique très important qui a une grande influence sur les propriétés physico-chimiques des écosystèmes aquatiques. Elle conditionne les possibilités de développement et la durée du cycle biologique des espèces aquatiques. D'après les résultats (Fig. 20), la température dans les quatre prélèvements des deux moi varie entre 9,8°C et 14.6°C. selon la grille d'appréciation de la qualité de l'eau présenté par (Monod., 1989),La qualité de cette eau est dans le classe des eaux normal (tableau en Annexe).

Aussi On constate que les températures au niveau du lac ne dépassent pas la norme algérienne qui est inférieur à 25 °C.

## Résultats et discussion

### 1.2 Potentiel d'Hydrogène

La mesure des valeurs du pH enregistrées dans les eaux du lac, montre que le pH le plus faible est de (7,3) mesurée dans le (site 4) pendant le mois de Mars et le plus élevée est de (8.70) obtenue dans le (site 1 et 2) pendant le mois de Mai.



**Figure 21:** Variation du pH dans les eaux du lac bleu pendant le mois de Mai et de Mars.

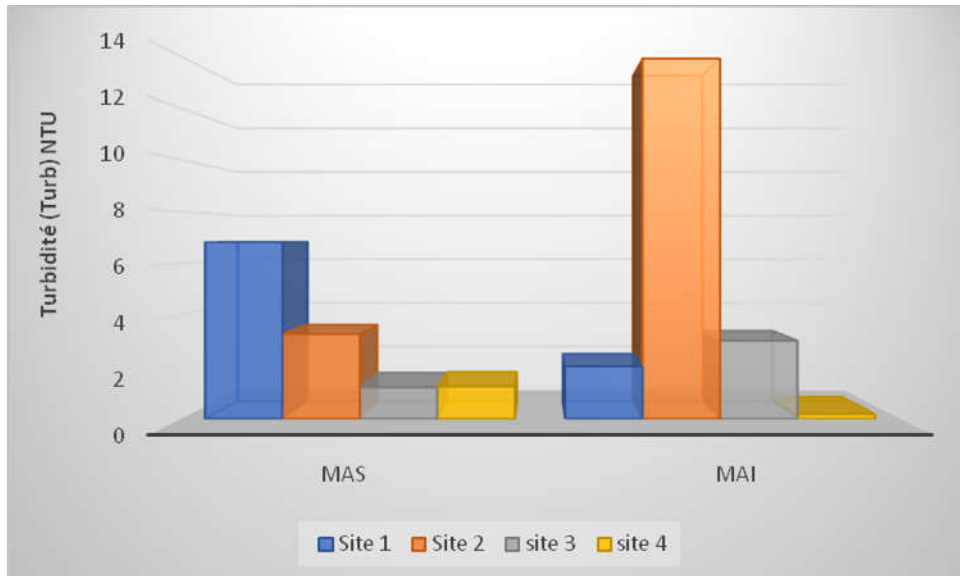
La figure 21, illustre que les eaux du lac sont marquées par un pH plus au moins basique, la valeur du pH permet de déterminer l'acidité, la neutralité ou la basicité de l'eau, autrement dit la concentration en ions hydrogène.

Selon le classement du pH des eaux de (Zerluth., 2004) dans l'Annexe, le pH de l'eau du lac bleu, en majorité des sites est compris entre (7 et 8), est plus au moins neutralité, approche la majorité des eaux de surface, Cette gamme de pH favorise la multiplication et la croissance des microorganismes.

## Résultats et discussion

### 1.3 Turbidité :

La turbidité s'expliquera par la présence des matières en suspensions. D'après la figure, les valeurs de la turbidité fluctuent entre (0.18 NTU- 13.9 NTU), la valeur la plus élevée pendant le mois de Mars et de(6,81NTU) au (site 1), et de (13.9NTU) au site 2 pendant le mois de Mai.



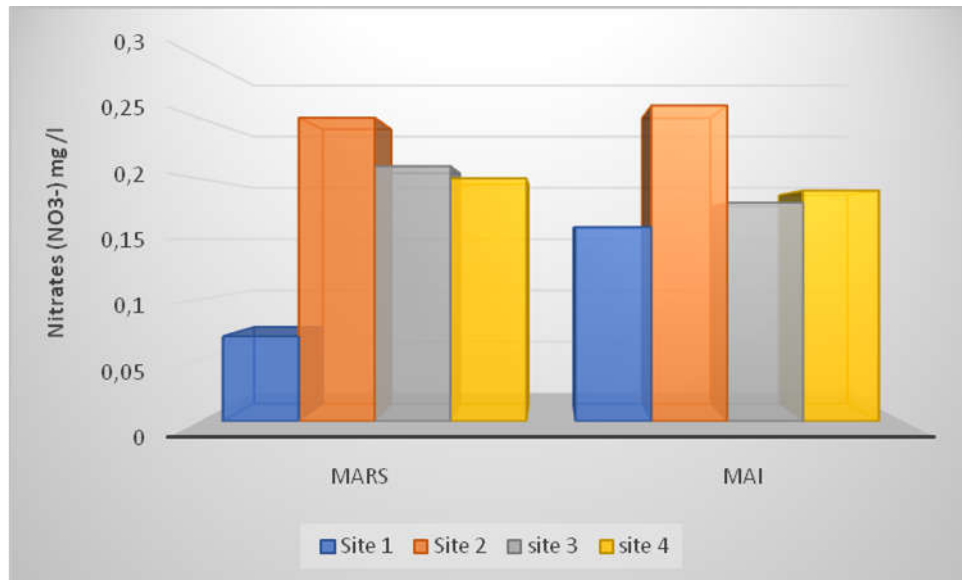
**Figure 22:** Variation de la turbidité dans les eaux du lac bleu pendant le mois de Mais et de Mars.

La turbidité mesure la quantité de matière en suspension à l'origine d'un trouble (**Beaux, 1998**). Selon la grille du classement de la qualité des eaux de surfaces en fonction de la turbidité de (**Merzoug, 2009**) présentée en Annexe, nos valeurs maxima sont dans la classe :  $5 < \text{NTU} < 30$ , donc l'eau du lac bleu est classé eau légèrement trouble.

## Résultats et discussion

### 1.4 Les nitrates NO<sub>3</sub>-(mg/l)

La figure 23 présente les valeurs de Nitrates obtenues pendant la période d'étude avec un maximum de (0.26 mg/l) dans le (site 2) pour le mois de Mai et valeur minimum est de (0.07mg/l) pour le(site 1) pondant le mois Mars.



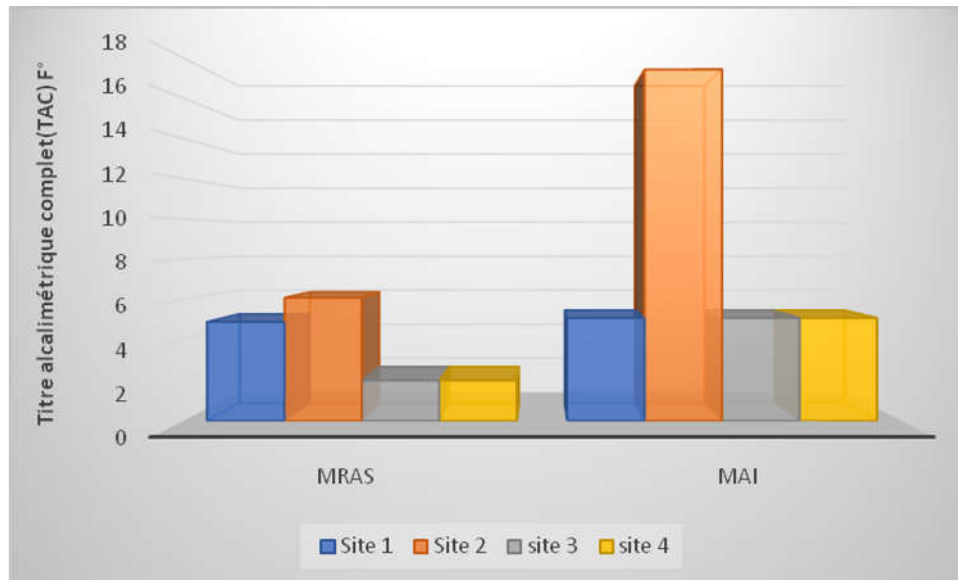
**Figure 23:** Variation de nitrate dans les eaux du lac bleu pondant le mois de Mai et de Mars.

D'après la norme algérienne les nitrates dans l'eau de source ne dépassent pas 50mg/l ; Aussi Les teneurs en nitrates enregistrées au niveau de tous les sites sont très inférieures à 50 mg/L considérée comme étant la valeur limite pour l'eau potable selon les normes de l'OMS, les valeurs des nitrates du lac bleu ne dépassent pas dépassent pas 0,26 mg/l, on peut conclure que l'eau du lac est dans la norme du côté nitrate.

## Résultats et discussion

### 1.5 Titre alcalimétrique complet

Le titre alcalimétrique complet mesure la teneur de l'eau en alcalin libre et en carbonate caustique. Le TAC fluctue au cours de notre étude de : (2 F°) mois de Mars (site 3) à (17.4 f°) pour le mois de Mai (site 2). (Figure 24).



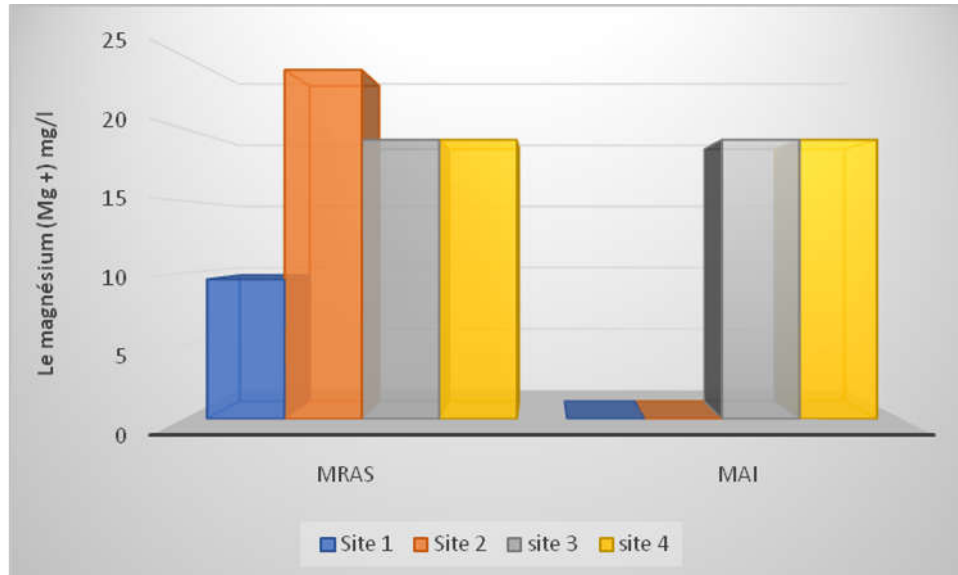
**Figure 24:** Variation du titre alcalimétrique complet dans les eaux du lac bleu pendant le mois de Mai et de Mars.

Les résultats de TAC de nos eaux sont très inférieurs à ceux rapportés par les travaux de **Bentouati et Bouzidi (2011)**, sur les eaux souterraines de la Wilaya de Sétif (valeur minimale moyenne est de l'ordre de  $28,00 \pm 13,63^\circ\text{F}$ ).

## Résultats et discussion

### 1.6 Le Magnésium

Les résultats obtenus pour le taux du magnésium au niveau des eaux du lac bleu indiquent une variation entre (9,6mg/l) et (24 mg/l).



**Figure 25:** Variation du magnésium dans les eaux du lac bleu pendant le mois de Mai et de Mars.

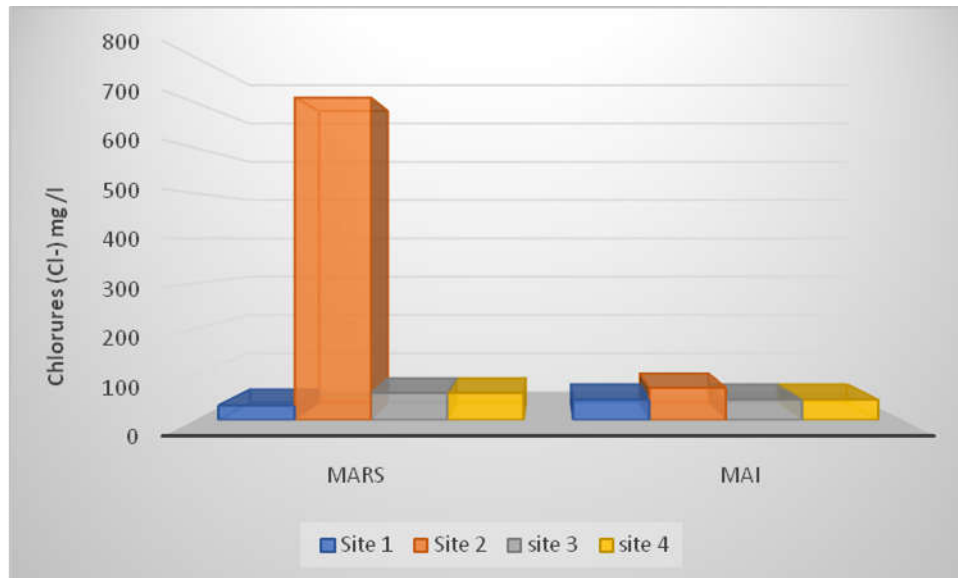
Le magnésium C'est le deuxième Elément de la dureté totale, qui présente une origine semblable à celle du calcium. Il provient généralement des formations dolomitiques par lattaqué des eaux en présence du gaz carbonique, et de la dissolution de magnésium  $MgSO_4$  dans les Terrains gypsifères

Les mesures de nos échantillons ont donné une concentration en magnésium variant entre 9,6 mg/l et 24 mg/l, les valeurs sont en accord avec la norme algérienne qui fixe une valeur maximale de 150 mg/l

## Résultats et discussion

### 1.7Chlorures

La figure montre que les résultats obtenus indiquent que le taux de chlorures dans les eaux du lac varient entre (31.95mg/l) et de(710 mg/l).



**Figure 26:** Variation du chlorure dans les eaux du bleu pendant le mois de Mai et de Mars.

L'origine des chlorures est liée principalement à la dissolution des formations salifères et à l'effet de la salinité marine. Ils proviennent aussi de la pollution anthropique et de l'évaporation intense qui provoque l'augmentation des concentrations en ions Cl-, et qui se produit dans les régions où le niveau statique est proche de la surface du sol.

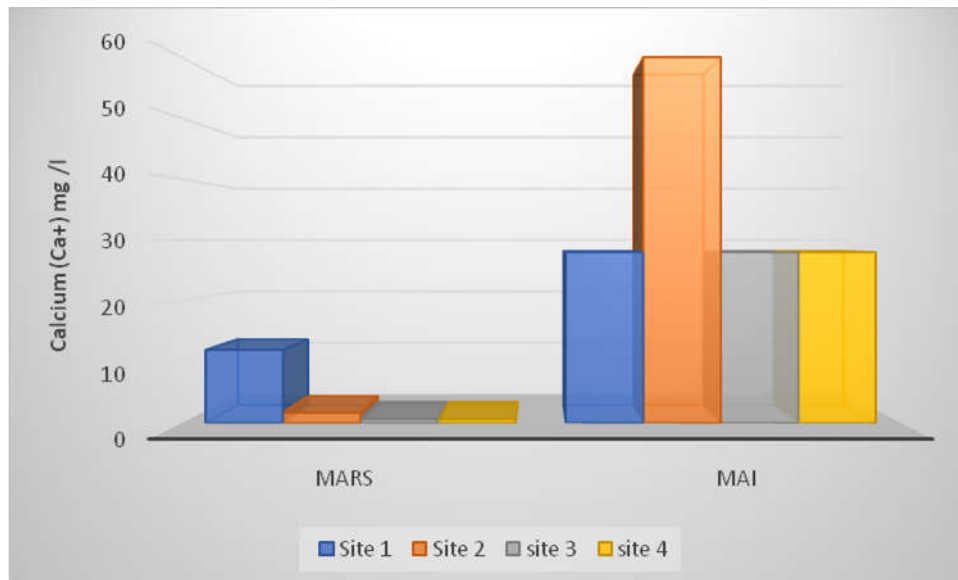
Selon Ayad et Kahoul (2017) ; les teneurs en chlorures des eaux extrêmement variées sont liées principalement à la nature des terrains traversés.

Les résultats présentés varient entre 31.95 et 710 mg/l, dépassant la norme algérienne et qui est de 500 mg/l comme valeur maximale.

## Résultats et discussion

### 1.8 Calcium

La figure montre que les résultats obtenus indiquent que le calcium varie entre une valeur minimum (0.624 mg/l) pendant le mois de Mars et (60 mg/l) valeur maximal le mois de Mai.



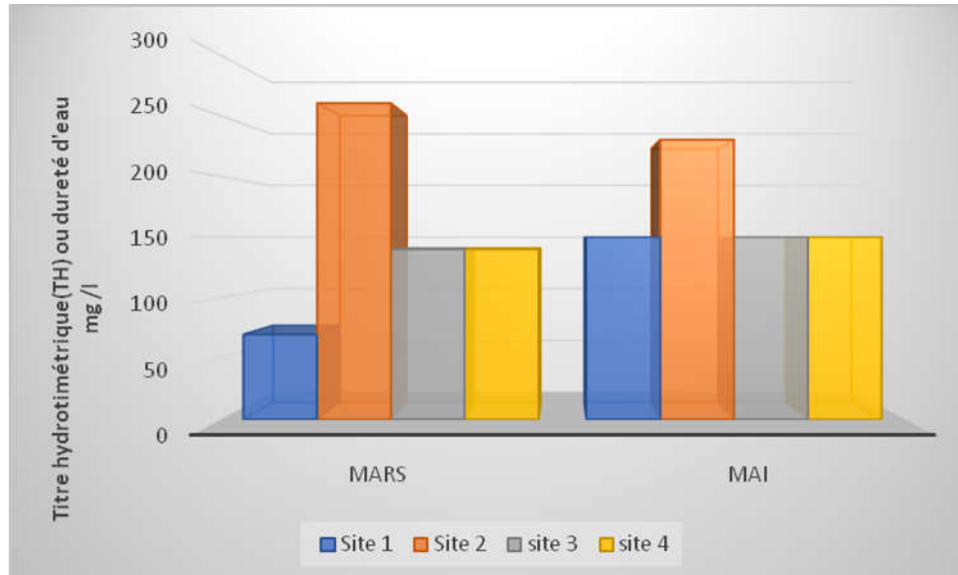
**Figure 27:** Variation du calcium dans les eaux du lac bleu pendant le mois de mai et de Mars.

Les résultats enregistrés de la teneur en calcium durant la période d'étude représentent l'importance de cet élément dans les eaux du lac avec des teneurs très basses ne dépassent pas (0.624 mg/l) pour le mois de Mars et des teneurs nettement plus élevées pour le mois de Mai de (28 à 60 mg/l). La diminution de la teneur en calcium s'explique selon Eugstre et Hardie (1978) in Hacinet *al.*, (2008) par la précipitation précoce des minéraux calciques, ou l'occurrence de la calcite. D'une manière générale, les résultats obtenus dans le lac bleu sont dans les normes algériennes correspondant à une valeur maximale de 200 mg/l. d'une manière générale les valeurs du calcium de l'eau du lac montrent qu'elles sont de bonne qualité selon la grille de la norme algérienne de la qualité des eaux avec (40 à 100 mg/l de Ca<sub>2</sub>) de bonne qualité.

## Résultats et discussion

### 1.9 Titre hydrotimétrique (T.H.) ou dureté d'une eau :

La figure 28 montre que les résultats obtenus indiquent que le titre hydrotimétrique varie entre (70 mg/l) valeur minimale et une valeur maximale de (260 mg/l).



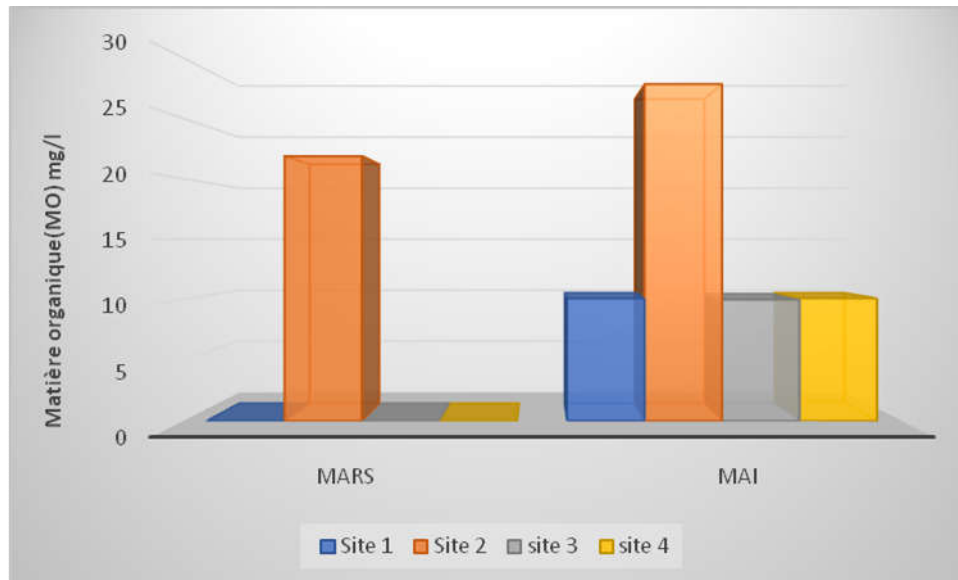
**Figure 28:** Variation du titre hydrotimétrique (T.H.) ou dureté d'une eau dans les eaux du lac bleu pendant le mois de Mai et de Mars.

La dureté de l'eau se réduit à sa concentration en ions calcium et magnésium (Ghazali et Zaid, 2012). Dans les eaux étudiées, ce paramètre présente une grande variation, Cette variation serait liée à la nature lithologique de la formation aquifère et en particulier à sa composition en magnésium et en calcium (Derwichet *al.*, 2010). Les valeurs les plus importantes sont enregistrées dans le site 2 au cours des deux mois respectivement (260 mg/l mars et 230 mg/l mai), ces valeurs sont au-dessous de la norme algérienne recommandée (500 mg/l  $\text{CaCO}_3$ ), donc les eaux du lac sont légèrement dur.

## Résultats et discussion

### 1.10 Matière organique(MO)

La figure 18 montre que la valeur maximum de MO=27.79 mg/l a été observée au niveau du site 2 le mois de Mai et (21,85 mg/l) le moi de Mars, par contre elle est nulle=0 dans le (site 1 et 3 et 4) pondant le mois de Mars.



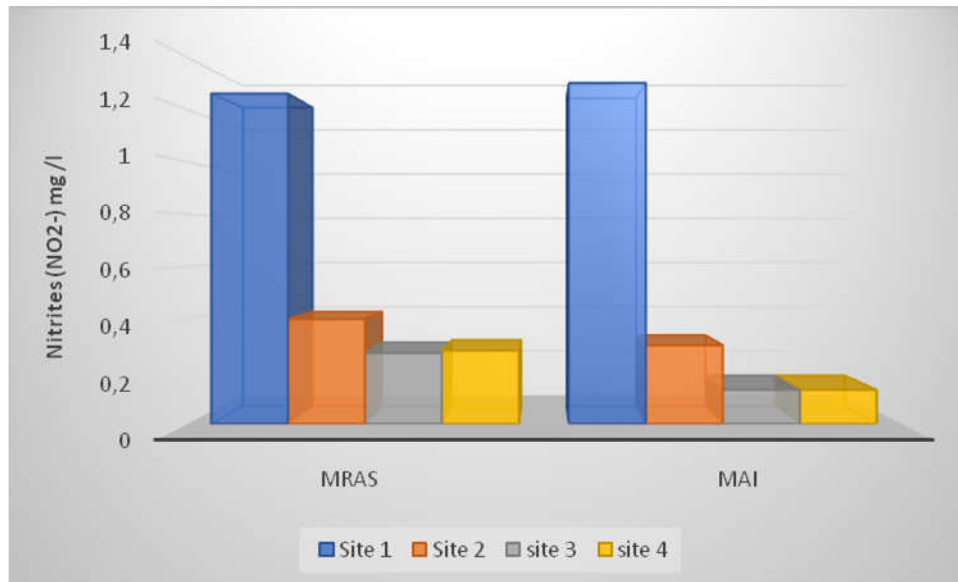
**Figure 29:** Variation de la matière organique dans les eaux du lac bleu pendant le mois de Mai et de Mars.

Les matières organiques sont présentes de manière naturelle dans les cours d'eau et proviennent de la mort des organismes vivants animaux et végétaux des cours d'eau et de ses abords. Elles sont aussi issues des rejets liés aux activités humaines. Elles dégradent la qualité organoleptique de l'eau (odeur, saveur, couleur...) et peuvent se dégrader en composés toxiques pour l'homme (trihalométhanes), perturbant la production d'eau potable. La dégradation des matières organiques par les microorganismes consomme de l'oxygène. Donc plus la quantité des matières organiques est élevée, plus l'oxygène dissous dans l'eau diminue et n'est plus disponible pour les invertébrés et les poissons dont la vie est alors menacée. Enfin, les matières organiques contribuent à modifier l'équilibre biologique des milieux aquatiques en provoquant des phénomènes d'eutrophisation. Nos résultats ne dépassent pas la norme > 15 eau de très mauvaise qualité.

## Résultats et discussion

### 1.11 Les nitrites NO<sub>2</sub>-(mg/l)

Les données d'analyse montrent une valeur de (1.26 mg/l) dans le site 1 pour le mois de Mars et Mai, la valeur est plus élevées par rapport aux autres sites (2, 3, 4) des deux mois.



**Figure 30:** Variation du nitrite dans les eaux du lac bleu pendant le mois de Mai et de Mars.

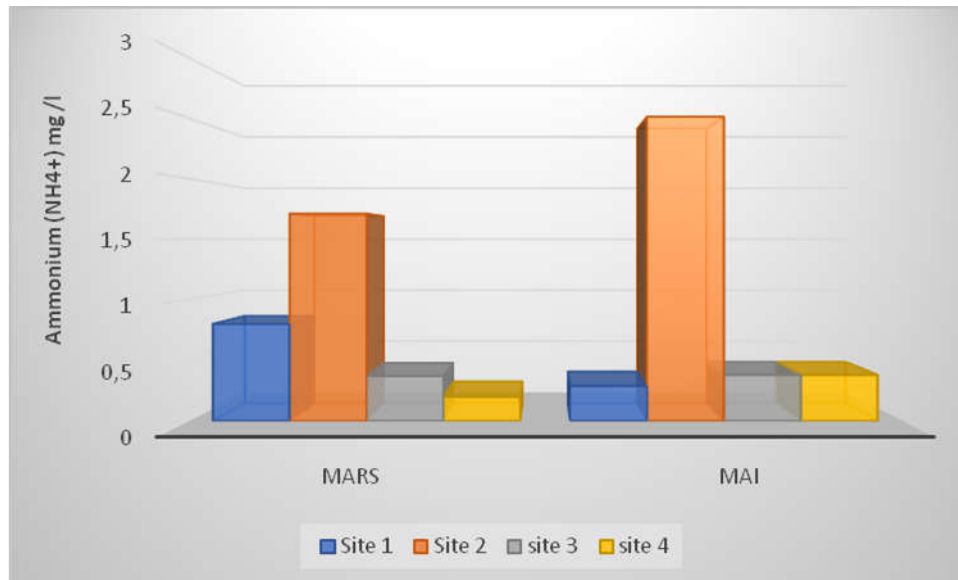
Les nitrates sont utilisés comme indicateur de pollution. Ils jouent le rôle de fertilisant pour les plantes qui assimilent l'azote sous la forme NO<sub>3</sub>- (Djermakoye, 2005). Nos résultats sont largement inférieurs à celles marquées par Bentouati et Bouzidi (2011) des eaux souterraines de la Wilaya de Sétif (valeur maximale moyenne est de l'ordre de 126,80±45,95 mg/l). En Suisse, l'agriculture est la principale source de nitrates, puisqu'elle représente environ 75 % des émissions (OFAG 2008, OFAG 2012). Chaque année, quelque 34 000 t en parviennent dans les eaux (surtout dans les eaux souterraines) par ruissellement sur les terrains agricoles (chiffres pour 2005, cf. OFEV 2010). Les nitrites sont toxiques pour l'organisme humain, leur présence en quantité importante dégrade la qualité de l'eau (Jain *et al.*, 2010).

D'après la norme algérienne la valeur des nitrites dans l'eau des milieux naturels (limite de 0,1 mg/l) et selon l'OMS pour les eaux destinées à l'irrigation ( $\leq 1$  mg/l) ; Cependant, les valeurs enregistrées du lac dépassent les normes avec des valeurs de (0.13 mg/l jusqu'à 1,26 mg/l), les teneurs élevées en nitrites dans les eaux peuvent être due au lessivage des fertilisants utilisés dans les sols agricoles situés à proximité du lac.

## Résultats et discussion

### 1.12 L'Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)

Les valeurs d'ammonium notées d'après les résultats des analyses marquent un maximum de (2.51mg/l) au niveau du (site2) pendant le mois du Mai et un minimum de (0.2 mg/l) au niveau du site 4 le mois du Mars.



**Figure 31:** Variation de l'Ammonium dans les eaux du lac bleu pendant le mois de Mai et de Mars.

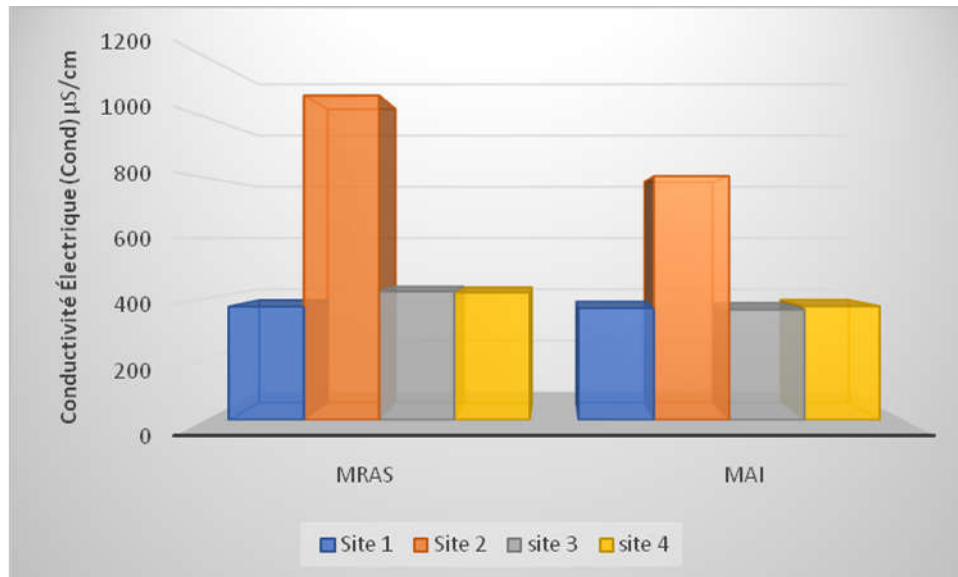
L'ammonium constitue le produit de la réduction finale des substances organiques azotées et de la matière inorganique dans les eaux. Il provient également de l'excrétion des organismes vivants et de la réduction et la biodégradation des déchets, sans négliger les apports d'origine domestique, industrielle et agricole (OuldKankou, 2004). L'ammonium étant toxique pour l'organisme humain, la présence en quantité importante dégrade la qualité de l'eau. C'est un élément indicateur de la pollution (Bonteet *al.*, 2008). Il a été observé une variation de la teneur en ammonium lors des prélèvements au niveau des différents sites. Cependant, nous signalons que la teneur de l'ammonium au Site 2 est particulièrement plus élevée, et varie de (1,71 mg/l à 2.51 mg/l) dépassant la norme.

Étant donné que le taux normal de l'ammonium est fixé à (0,3 mg/l) selon l'OMS, nous déduisons que le site 2 en question est menacé par la pollution d'ammonium probablement due aux activités des quelques habitants de la zone d'étude et leurs animaux domestiques et aussi la présence des terres agricoles exploitées à proximité du lac bleu.

## Résultats et discussion

### 1.13 La Conductivité :

La figure 32 présente les valeurs obtenues de la conductivité électrique avec une valeur maximum de (1070  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) pour le (site 2) mois mars et un valeur minimum de (364  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) dans le (site 3) pendant le mois de Mai



**Figure 32:** Variation de la conductivité dans les eaux du lac bleu pendant le mois de Mai et de Mars.

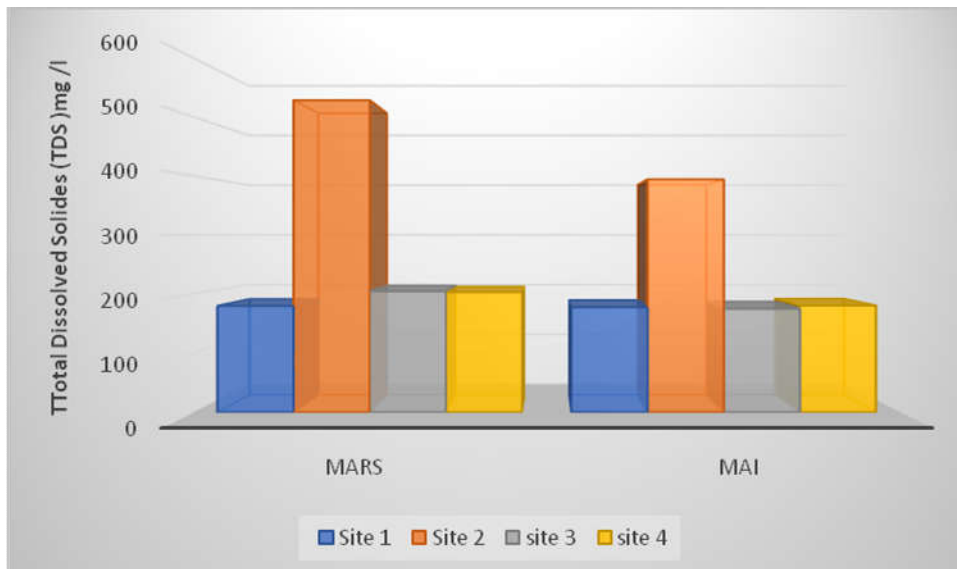
La conductivité électrique traduit le degré de minéralisation globale, elle nous renseigne sur le taux de salinité (Mint Mohamed Salem, 2011). Une conductivité électrique élevée est synonyme de pollution de l'eau. Elle permet d'avoir une idée sur la qualité de l'eau. Une conductivité élevée traduit soit des pH anormaux, soit une salinité élevée (Rodier., 2005).

Les mesures de la conductivité les plus élevées sont enregistrées au site 2 au cours des deux prélèvements Mars et Mai respectivement: (804 -1070)  $\mu\text{S}/\text{cm}$  millisiemens/ centimètre. Selon le classement de la conductivité de (Monod., 1989) dans l'annexe, la qualité des eaux du lac est passable ( $750 < \text{CE} < 1500 \mu\text{S}/\text{cm}$ ).

## Résultats et discussion

### 1.14 Total des solides dissous (TDS g/l)

La teneur totale des solides dissous est globalement située entre un minimum de (177.6 mg/l) dans le (site 1), pendant le mois de Mai et un maximum de (528mg/l) en site 2 mois mars.



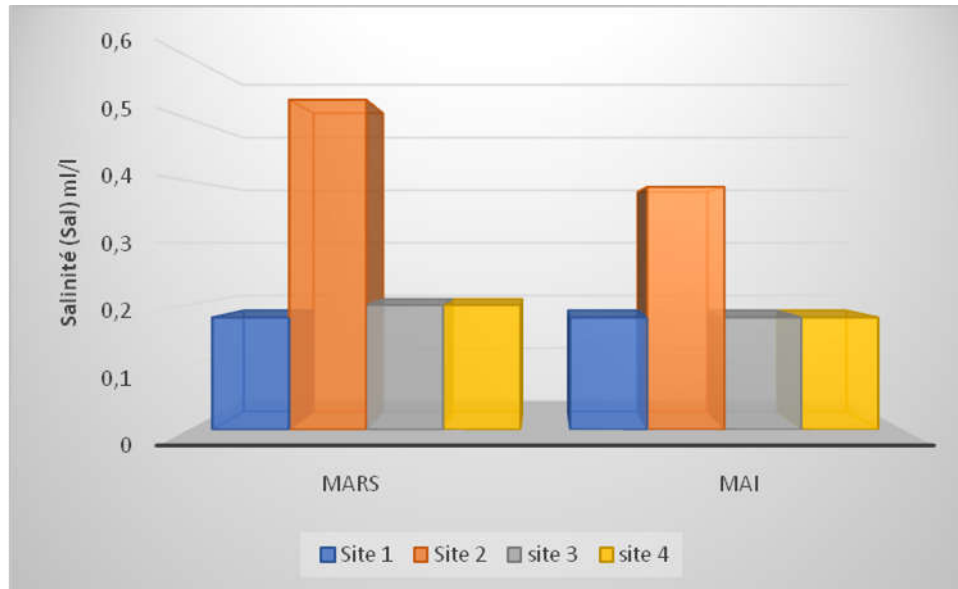
**Figure 33:** Variation du total des solides dissous dans les eaux du lac bleu pendant le mois de Mai et de Mars.

Toutes nos analyses présentent une minéralisation inférieure à 1200 mg/l (norme de l’OMS) avec l’eau de lac de 177.6 mg/l site 2 pour le mois de Mai et de même pour le même site 2 le mois de Mars avec (528mg /l). Nous constatons aussi que la variation de la minéralisation globale est identique à celle de la conductivité. Les différentes mesures des solides dissous observées au niveau de ces eaux sont faibles, Elles ne peuvent s'expliquer que par les mouvements des eaux souterraines qui n’augmentent pas la dissolution de ces solides.

## Résultats et discussion

### 1.15 Salinité (Sal):

La figure 34 montre que la valeur maximale de la salinité est de (0.53 ml/l) en site 2 mois mars alors que la valeur minimale est de (0.2 ml/l) en site 1 et 4 mois du mars .



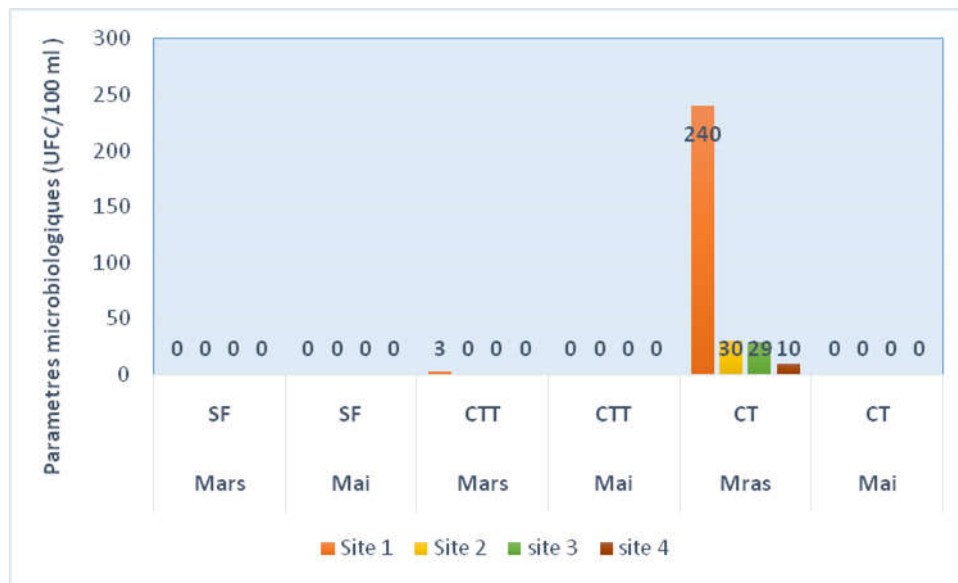
**Figure 34:** Variation de la salinité dans les eaux du lac bleu pendant le mois de Mars et de Mai.

La présence de sel dans l'eau modifie certaines propriétés (densité, compressibilité, point de congélation, température du maximal de densité), d'autres (viscosité, absorption de la lumière) ne sont pas influencées de manière significative. Enfin certains sont essentiellement déterminés par la qualité de sel dans l'eau (conductivité, pression osmotique) (Bousaaroura., 2011)

La mesure de la salinité de l'eau du lac bleu affirme qu'il s'agit de l'eau douce car les résultats les plus élevés sont enregistrés au site 2 avec (0.53 ml/l) pour le mois Mars et dans cette station on a enregistré la valeur la plus élevée de la conductivité électrique suite à l'évaporation hydrique sous l'effet de l'augmentation de la température influencée par les conditions climatiques du milieu alors que la valeur minimale est de 0.2 en site 1 et 4 mois du mars .

## Résultats et discussion

### 2. Paramètres microbiologiques :



**Figure 35:** Analyses bactériologique des eaux du lac bleu le mois mars et mai

#### Streptocoques fécaux

Les résultats des analyses des Streptocoques fécaux dans les eaux lac bleu sont 00 UFC/100ml dans les quatre sites et les deux mois, la charge des Streptocoques fécaux non dépasse pas la norme.

#### Coliformes totaux

Les résultats nous remarquons que la charge des coliformes totaux dans le lac varie entre (00 UFC/100 ml), pendant le mois de Mai dans les 4 sites et un maximum (240 UFC/100 ml) enregistré dans le site 1 le mois de mars .

#### Coliformes thermotolérants ou coliformes fécaux

D'après les résultats nous remarquons que la charge des coliformes thermotolérants dans le

lac varient entre (00 UFC/100 ml), pendant le mois de mai dans les 4 sites et (3 UFC/100 ml) ; Le maximum que nous avons enregistré dans le site 1 le mois de mars, c'est la seule valeur que nous avons enregistrés.

Les résultats bactériologiques des échantillons d'eau du lac nous révèlent que les eaux ne sont pas polluées par la présence des coliformes thermotolérants, les coliformes totaux et les streptocoques fécaux à l'exception du résultat de mars dans les quatre sites pour la présence des coliformes totaux. En effet la présence d'un de ces microorganismes pathogènes

## Résultats et discussion

---

dans un volume de 100 ml d'eau d'échantillon indique que ces eaux ne cadrent pas avec les seuils recommandés et sont hors normes de l'OMS (OMS, 2014).

Les coliformes thermotolérants sont considérés parmi les indicateurs de contamination fécale de l'eau les plus couramment et fréquemment utilisés dans l'évaluation des risques pour la santé humaine (Merhabiet *al.*, 2019).

Par ailleurs, les Coliformes Thermotolérants sont d'origine animale ou humaine, leur présence dans l'eau indique une contamination récente par des matières fécales (Balloyet *al.*, 2019). Ils ont démontré également que les eaux polluées sont à l'origine des pesticides et engrais chimiques utilisés dans l'agriculture. De la même manière, l'abreuvement intensif d'animaux et les activités domestiques sont la cause de fortes contaminations fécales des eaux. (Dianouet *al.*, 2011).

# **Conclusion**

## **Conclusion**

---

### **Conclusion :**

Le présent travail a permis l'élaboration d'un diagnostic global de l'état de pollution de l'eau du lac bleu. Pour un nombre total de quatre sites sur différents endroits du lac bleu pendant deux mois Mars caractériser par un manque important en précipitation et Mai un climat très frais caractériser par des précipitations très importantes, il en ressort des résultats interprétatifs. Les résultats des analyses physico chimiques et bactériologiques ont montré que la totalité des paramètres étudiés sont conformes aux normes algérienne et ceux de l'OMS en vue dans trois sites sur quatre, à l'exception du site 2 où les paramètres indicateurs de pollution (nitrite, ammonium et matière organique), révélant un début de pollution; Nous notons que le mode de vie de la population riveraine (déversement des ordures ménagères, utilisation des engrais et pesticides chimiques, le pompage d'eau du lac pour irrigation etc...) sont parmi les indices du problème de pollution et constitue un véritable fléau pour ce petit lac comprenant une biodiversité remarquable avec des espèces rares et très rares. L'état global de dégradation et le départ des espèces due probablement à la pollution nécessite une vigilance permanente et une véritable stratégie pour la protection de la zone d'une éventuelle détérioration irréversible à court et long terme, évitant le pire dans les années à venir pour ce petit paradis si riche en faune et flore.

# **Références bibliographiques**

## Références bibliographiques

---

### Références bibliographiques

- Abdellatif H. (2006).** Traitements de l'eau source bousa fer, mémoire de fin d'étude (Licence). Université des sciences et de la technologie. Oran. p100.
- Ayad W. (2017).** Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région d'El-Harroch (Wilaya de Skikda), Thèse doctorat en microbiologie appliquée, Université Badji Mokhtar-Annaba, p3-4.
- Balloy PM, Katond JP, Hanocq P. 2019.** Evaluation de la qualité physico chimique et bactériologique des eaux de puits dans le quartier spontané de Luwowoshi (RD Congo). *Tropicultura*, 37(2) : 2295-8010. DOI : 10.25518/2295-8010.627.
- Belouahem-Abed D. (2012).** Etude écologique des peuplements forestiers des zones humides dans les régions de Skikda, Annaba et El Tarf (Nord-Est algérien). Thèse de Doctorat. Université Badji Mokhtar. Annaba. (Algérie). p320.
- Benyacoub S. (1993).** Écologie de l'avifaune forestière en niche de la région d'El Kala (Nord-Est algérien). Thèse de doctorat, Université de Dijon, p18-19.
- Bouziani M. (2000).** L'eau de la pénurie aux maladies. Edition Ibn-Khaldoun. Alger. p93-96.
- Benyacoub S., Louanchi M., Baba Ahmed R., Benhouhou S., Boulahbal R., Chalabi B., Rouag R. & Ziane N. (1998).** Plan directeur de gestion du Parc National d'El-Kala et du complexe de zones humides (Wilaya d'El-Tarf).
- Brissaud F., Heurteaux P., Podlejski J. & Moutonnet P. (1982).** Transferts dispersifs et propagation de pesticides dans un sol de rizière inondée ; *Journal of Hydrology*. Volume 57, p233–245.
- Bentouati, L., & Bouzidi., A. (2011).** Etude de la qualité des eaux souterraines de la Wilaya de Sétif » *Science Lib Editions Mersenne*, 3: p111-207.
- Charbonneau., (2000).** Gestion des sites industriels potentiellement contaminés par des substances radioactives. Réalisé par l'IPSN pour le compte des ministères de l'environnement et de la Santé.
- Davis T.J. (1996).** Le Manuel de la Convention RAMSAR. Ed. T.J. Davis – Bureau de la Convention RAMSAR de Suisse. p185.
- Desjardins R. (1997).** Le traitement des eaux. 2<sup>ème</sup> Edition, Montréal, p38-48.
- Derwich, E., Benaabidate, L., Zian, A., Sadki, O., & Belghity, D. (2010).** Caractérisation physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du Haut Sebou en aval de sa confluence avec Oued Fes. *Larhyss Journal*, N° 08. 101-112.

## Références bibliographiques

---

- Djermakoye, H. (2005).** Les eaux résiduaires des tanneries et des teintureriers ; aractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et impact sur les eaux de surface et les eaux souterraines. Thés Doc Pharmacie. Université de BAMAKO. p123.
- Dianou D, Savadogo B, Zongo D, Zougouri T, Poda JN, Bado H, Rosillon F. 2011.** Qualité des eaux de surface dans la vallée du Sourou : Cas des rivières Mouhoun, Sourou, Debe et Gana au Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **5(4)** : 1571-1589. DOI
- Geujons. 1995 in Haoussa, N. (2013).** Etude de la qualité des eaux eau d'oued Biskra Eau deDroh. Mémoire Master II .Hydraulique urbaine, Université Mohamed Khider, Biskra p25.
- Ghazali, D., &Zaid, A. (2012).** Caractérisation physico-chimique des eaux de la source AIN SALAMA-JERRI (région de Meknes).*Science Lib Editions Mersenne* : Volume 4, N° 120106, p13.
- Hacini, M., Oelkers, E.H., &Kherici, N. (2008).**Le Comportement du lithium et du bore durant l'évaporation complète du Chott Merouane dans le Sahara septentrional Algérie. p10.
- MOSA. OULD KANKOU.** Vulnérabilité des eaux et des sols de la rive droite dufleuve Sénégal en Mauritanie. Thèse de Doctorat, l'université de limoges, option Chimie et Microbiologie de l'Eau, France, 2004.
- Merhabi F, Amine H, Halwani J. 2019.** Evaluation de la qualité des eaux de rivière Kadicha. *Journal Scientifique Libanais*, 20(1) : 10-34. DOI : 10.22453/LSJ-020.1.010-034.
- Lacroix G.(1991).** Lacs et rivières (milieux vivants) : Ecoguides. Ed. Bordas. p255.
- Menouer S. &Taibi S. (2014).**Étude de la qualité des rejets liquides industriels en aval ducomplexeGL1/Z. Mémoire de Fin d'Études. Gestion des Déchets et Pollution des Ecosystèmes. Université des Sciences et de la Technologie Mohamed Boudiaf, Oran. p63.
- Oudiz B., Cessac J., Brenot J.P., MaignéP., Santucci M.C., Robé P.& Ouikene N. (2011).**Etude d'un traitement biologique des eaux usées d'origine ménagères (pont de bougie) et du traitement des eaux usées issues d'une station de lavage graissage devéhicules (Tizi-Rached).Mémoire d'ingénieur en écologie végétal et environnement. p55.
- OFEV 2010** :Stickstoffflüsse in der Schweiz. Stofffluss analyse fürdas Jahr 2005 (av OFEV et **OFAG 2008** : Objectifs environnementaux pour l'agriculture. À partir de bases légales existantes. Connaissance de l'environnement n° 0820. Office fédéral de l'environnement (OFEV) et Office fédéral de l'agriculture (OFAG), Berne, 2008.

## Références bibliographiques

---

**OFEV et OFAG 2012** : Aide à l'exécution pour la protection de l'environnement dans l'agriculture, <http://www.bafu.admin.ch/gewaesserschutz/01308/10890/index.html?lang=fr.->  
C. K. Jain, A. Bandyopadhyay A. Bhadra, Environmental Monitoring and Assessment, 166 (2010) p663–676

**Raachi ML. (2007).** Etude préalable pour une gestion intégrée des ressources du bassin versant du lac Tonga au nord-est algérien. Mémoire présenté comme exigence partielle de la maîtrise en géographie, Université DU Québec A Montréal.

**Schrock R.(2006).** Nitrogen Fix, dans Technology Review, Massachusetts Institute of Technology, Etats-unis.210.Skinner J., et Zalewski.,1995 – Fonction et valeurs des zones humides méditerranéennes. Tour du Valat, Arles (France), N°2.88. Pub. Med Wet  
SL. BONTE, M. PONS, O. POTIER and P. ROCKLIN. Journal of Water Science, 21 (2008) p429- 438.

**Pajoués J. (2007).** Le petit Larousse

**Parc National d'El Kala. (2022).** Plan de Gestion du Parc National d'El Kala. Approche Descriptive et Analytique. Document administrative, Parc National d'El Kala.

**Rodier, J. (1984).** Analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 7ème édition, DUNOD Paris. p1365.

### Sites web

**Anonyme 1.** [www.ceseau.org/dossiers-thematiques/eau-souterraine-et-geologie/](http://www.ceseau.org/dossiers-thematiques/eau-souterraine-et-geologie/).

**Anonyme 2.** [www.aquaportail.com/definition-7587-nappe-alluviale](http://www.aquaportail.com/definition-7587-nappe-alluviale).

**Anonyme 3.** <https://sigesrm.brgm.fr/Notions-generales-sur-les-aquiferes-karstique>

**Anonyme 4.** <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v5i4.422>.