

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة 8 ماي 1945 قالمة

Université 8 Mai 1945 de Guelma

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, et des Sciences de la Terre et de L'univers



## Mémoire En vue de l'Obtention du Diplôme de Master

**Domaine :** Sciences de la Nature et de la Vie.

**Filière :** Sciences Biologiques.

**Spécialité :** Biologie Moléculaire et Cellulaire.

**Département :** Biologie.

### Thème

---

**Etude physico-chimique et bactériologique des eaux de source de la ville de Guelma**

---

**Présenté par :** - BENKREIF Yousra.

- BOURSSACE Youssra.

- OUMRANI Arridj.

**Devant le jury composé de :**

**Présidente :** Mme MAIRIF S.

MCB

Université de Guelma

**Examinatrice :** Mme ROUAIGUIA M.

MCB

Université de Guelma

**Encadreur :** Mme TABET M.

MCB

Université de Guelma

Juin 2023

# **Remerciement**

*On remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté de terminer ce mémoire.*

*Nos profonds remerciements également aux membres de jury d'avoir accepté d'évaluer ce travail de recherche.*

*Nous voudrions remercier **Mme Mairif S** Qui nous a honoré de sa présence et d'avoir accepté de présider le jury.*

*Nous remercions également **Mme Rouaiguia M** Qui a accepté d'examiner ce travail.*

*Nous adressons nos sincères remerciements à notre directrice de recherche madame Tabet Mouna pour l'aide compétente, la disponibilité, le soutien et les judicieux conseils qu'elle nous a apporté tout au long de ce travail.*

*Nous tenons également à remercier vivement l'ensemble de l'équipe du laboratoire de la station du traitement des eaux Hammam Debagh (**Mebarka, Amel, Chahra et Radia, ...**) pour leur accueil chaleureux et leur bonne humeur et aussi à l'équipe du laboratoire de l'université (**hayet et Wafa**).*

*Un grand merci s'adresse aux enseignants du département de Biologie pour la formation qu'ils nous ont alloué durant cinq ans universitaires, plus particulièrement : **Mme Rouaiguia** pour ses conseils.*

*Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.*

# ***Dédicace***

## ***À mes chers parents***

*Aucune dédicace ne saurait exprimer mon amour éternel, mon respect et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.*

*Je vous dédie aujourd'hui ma réussite, fruit de vos innombrables sacrifices. Que Dieu le tout puissant, vous accorde santé, et longue vie.*

## ***À mes chères sœurs safra ,zahra ,Asma et Amel***

*Qui n'ont pas cessé de me conseiller et qui m'ont arrosé d'espoir et de force*

*tout au long de mes études. Que dieu leur donne la chance et la joie.*

## ***À mes chers frères Pipou , Samir et Iyed***

*Pour leurs encouragements, leurs conseils précieux tout au long de mes études.*

## ***À ma grand-mère et mes deux nièces Dima et Rokaya***

*Qui savent toujours comment procurer la joie et le bonheur pour toute la famille. Que dieu les protège et leurs offre le bonheur.*

## ***À mes cousines Anfel et Hadil***

*J'espère que vous trouverez le bon chemin qui vous mènera vers une vie plus gaie et plus sûre. Que dieu vous protège.*

*A tous ceux qui me sont chers.*

***Arridj.***

*Avec l'aide et la protection d'ALLAH et, d'un cœur plein d'amour et fierté, Je dédie ce modeste travail.*

*A mes plus chers êtres au monde*

*Ma mère et mon père*

*Pour leur Encouragement, leur tendresse, et pour leur soutien moral et matériel durant toutes les étapes de ma vie. Que dieu vous bénisse et vous protège*

*A mon cher frère : ILYAS*

*A mes chères sœurs : RYM et KHAWLA*

*A tous mes amis de près ou de loin.*

*A mes chers enseignants que ce soit du primaire, du moyen, du Secondaire et de L'enseignement Supérieur.*

*A tous ceux qui m'ont aidée à réaliser ce modeste travail.*

*A toutes les personnes qui j'aime.*

*Merci.*

**YOUSRA.**

*Un grand merci à **ma mère** et **mon père** pour leur amour leurs conseils ainsi que leur soutien inconditionnel à la fois moral et économique qui m'a permis de réaliser les études que je voulais et par conséquent ce mémoire.*

*Je voudrais exprimer ma reconnaissance envers mes chères sœurs **WISSEM** et **RANIA**, Mon cher frère **AHMED** qui m'ont apporté leur soutien moral et intellectuel tout au long de ma démarche. Sans oublier mes petits **MIRAL** et **NIZAR***

*Enfin je tiens à témoigner toute ma gratitude à **MOUNA**, **CHERIFA** et **NOUR EL HOUDA** pour leur confiance inestimable.*

**YOUSRA BOURSSACE.**

## Sommaire

**Résumé**

**Abstract**

ملخص

**Liste des abréviations**

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

Introduction ..... 1

### **Première partie : Synthèse bibliographique**

#### **Chapitre I : Généralités sur les eaux de source**

1. Les eaux de sources .....	3
2. Les types des eaux de sources .....	3
2.1. Eaux de source naturelle.....	3
2.2. Eaux de source minérale.....	3
3. Origine des eaux de sources .....	3
4. Les paramètres d'évaluation de la qualité des eaux de source .....	4
4.1. Paramètres physiques .....	4
4.2. Paramètres chimiques .....	5
4.3. Les paramètres organoleptiques .....	6
4.4. Les paramètres bactériologiques.....	7
4.4.1. Les streptocoques fécaux (SF) .....	7
4.4.2. Les coliformes totaux (CT).....	7
4.4.3. Les coliformes fécaux (CF) .....	8
4.4.4. Les germes totaux (GT) .....	8
5. Pollution des eaux de source .....	8
5.1. Pollution domestique .....	8
5.2. Pollution par les eaux pluviales urbaines .....	9

5.3. Pollution industrielle .....	9
5.4. Pollution par les activités agricoles .....	9

## **Chapitre II : Maladies à transmission hydrique**

1. Définition des maladies à transmission hydrique (MTH).....	11
2. Les différents types de maladies hydriques.....	11
2.1. Les maladies d'origine bactérienne .....	11
2.1.1. La fièvre Typhoïde.....	11
2.1.2. Le Choléra.....	12
2.1.3. Dysenterie bacillaire .....	12
2.1.4. La gastroentérite bactérienne .....	12
2.2. Les maladies d'origine virale.....	12
2.2.1. Entérovirus .....	12
2.2.2. Hépatites infectieuses.....	13
2.2.3. La gastroentérite virale .....	14
2.2.4. La poliomyélite .....	14
2.3. Les maladies d'origine parasitaire .....	15
2.3.1. Amibiase .....	15
2.3.2. La bilharziose.....	15
2.3.3. L'onchocercose .....	15
2.4. Les maladies d'origine fongique .....	15
2.4.1. Candidoses .....	15
2.4.2. Pityrosporese.....	16
2.4.3. Cryptococose.....	16
2.5. Les maladies d'origine chimique.....	16
2.5.1. Nitrate .....	17
2.5.2. Phosphore.....	17
2.5.3. Pesticides.....	17

2.5.4. Plomb .....	17
--------------------	----

## **Deuxième partie : Étude expérimentale**

### **Chapitre III : Matériel et méthodes**

1. Situation et description de la zone d'étude .....	19
1.1. Sites de prélèvement .....	19
2. Echantillonnage.....	21
3. Transport et conservation des échantillons .....	21
4. Techniques de prélèvement .....	21
4.1. Techniques de mesure des paramètres physico-chimiques .....	21
4.1.1. Mesure in situ.....	21
4.1.2. La turbidité.....	22
4.1.3. Dosage de Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) .....	22
4.1.4. Dosage de Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ).....	23
4.1.5. Dosage de Chlorures ( $\text{Cl}^-$ ).....	24
4.1.6. Dosage de L'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) .....	25
4.1.7. Dosage des nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ).....	25
4.1.8. Dosage des nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ).....	26
4.1.9. La teneur en sel dissous(TDS) .....	26
4.1.10. Dosage des sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ).....	26
4.1.11. Détermination du fer ( $\text{Fe}^{2+}$ ).....	27
4.2. Techniques de mesure des indicateurs de contamination .....	27
4.2.1. Recherche et dénombrement des germes totaux .....	27
4.2.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux .....	29
4.2.3. Recherche et dénombrement des clostridium sulfuto-réducteurs (les ASR) .....	32
4.2.3. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux .....	32
5. Isolement et identification des espèces bactériennes .....	34



5.1. Isolement .....	34
5.2. Enrichissement.....	34
5.3. Repiquage et purification des colonies.....	35
5.4. Identification des germes .....	35
5.4.1. Identification morphologique.....	35
5.4.2. Identification biochimique .....	36

## **Chapitre IV : Résultats et discussion**

1. Résultats des paramètres physico-chimiques.....	39
1.1. Les paramètres physico-chimiques.....	39
1.1.1. Turbidité.....	39
1.1.2. pH.....	40
1.1.3. Température .....	41
1.1.4. Conductivité.....	42
1.1.5. Salinité .....	43
1.1.6. TDS .....	44
1.1.7. Calcium .....	44
1.1.8. Chlore.....	45
1.1.9. Potassium .....	46
1.1.10. Sodium .....	47
1.1.11. Nitrate .....	47
1.1.12. Sulfate .....	48
1.1.13. Fer .....	49
1.1.14. Magnésium.....	50
1.2. Résultats des analyses bactériologiques .....	50
1.2.1. Résultats de dénombrement .....	50
1.2.2. Résultats de l'identification biochimique .....	54

Conclusion..... 59

**Références Bibliographiques**

**Annexes**

## **Résumé**

Les eaux de source présentent une importance capitale dans la plupart des régions du monde ; Cependant, cette ressource de bonne qualité, se trouve actuellement menacée par diverses sources de pollution ponctuelles et diffuses.

L'objectif de cette étude est la caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux de quatre sources (Ain-Elghoul, Sellaoua, Ain-El Ragba – Ain El Labba) de la wilaya de Guelma, destinées à la consommation humaine pour déterminer leurs possibilités d'utilisation.

Les analyses effectuées ont porté sur un certain nombre de paramètres physico-chimiques tels que la température, pH, conductivité électrique, oxygène dissous, turbidité, salinité, Titre Hydrotimétrique, résidus sec, outre les ions :  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ , et au dénombrement des germes totaux, des germes indicateurs de contamination fécale et à la recherche des germes pathogènes.

Les résultats des paramètres physico-chimiques montrent que la qualité des eaux de sources est conforme aux normes recommandées par O.M.S et J.O.R.A. Tandis que les résultats bactériologiques expriment une mauvaise qualité de ces eaux.

## **Mots clés :**

Eaux de source, qualité physico-chimique, qualité bactériologique, Guelma.

## **Abstract**

Spring water is of crucial importance in most regions of the world. However, this high-quality resource is currently threatened by various sources of point and diffuse pollution. The objective of this study is the physicochemical and bacteriological characterization of water from four sources (Ain-Elghoul, Sellaoua, Ain-El Ragba - Ain El Labba) in the Guelma province, intended for human consumption, in order to determine their usability. The analyses conducted focused on several physicochemical parameters such as temperature, pH, electrical conductivity, dissolved oxygen, turbidity, salinity, hydrometric titre, total residue, as well as ions such as  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ , and the enumeration of total bacteria, fecal contamination indicators, and the search for pathogenic bacteria. The results of the physicochemical parameters show that the quality of the spring water is in accordance with the standards recommended by the OMS and the J.O.R.A. However, the bacteriological results indicate poor water quality.

## **Keywords :**

Spring water, physicochemical quality, bacteriological quality, Guelma.

## الملخص :

تمتلك مياه الينابيع أهمية كبيرة في معظم مناطق العالم. ومع ذلك تتعرض هذه المصادر التي تتمتع بجودة عالية حاليًا للتهديد من مصادر تلوث مختلفة، سواء كانت نقاطية أو مشتتة.

الهدف من هذا العمل هو دراسة الخصائص الفيزيوكيميائية و البكتيريولوجية لمياه أربعة ينابيع (عين الغول، سلاوة، عين الرقبة، عين اللبة) في ولاية قالمة، والتي تستخدم للاستهلاك البشري لتحديد إمكانية استخدامها.

تمت الأبحاث على عدد من المؤشرات الفيزيائية والكيميائية مثل  $\text{pH}$ ،  $\text{la température}$ ،  $\text{la turbidité}$ ،  $\text{la conductivité}$ ، بالإضافة إلى أيونات مثل  $\text{NH}_4^+$ ،  $\text{Fe}^{2+}$ ،  $\text{Na}^+$ ،  $\text{Mg}^{2+}$ ،  $\text{Ca}^{2+}$ ،  $\text{NO}_3^-$ ،  $\text{SO}_4^{2-}$ ،  $\text{Cl}^-$ ،  $\text{K}^+$  إلى جانب عدد  $\text{ASR}$ ،  $\text{GT}$ ،  $\text{SF}$ ،  $\text{CF}$ ،  $\text{CT}$ ،  $\text{OD}$ ،  $\text{TH}$ ،  $\text{résidus sec}$ ،  $\text{salinité}$

أظهرت نتائج المؤشرات الفيزيوكيميائية أن جودة مياه الينابيع تتوافق مع المعايير الموصى بها من قبل منظمة الصحة العالمية والجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية. بينما أشارت النتائج البكتيريولوجية إلى سوء جودة هذه المياه

**الكلمات الرئيسية:** مياه الينابيع، الجودة الفيزيو كيميائية، الخصائص البكتيريولوجية، قالمة

## **Liste des abréviations**

**GN:** Gélose nutritive

**GNAB:** Gélose Nutritive Alcaline et biliée

**EPA :** Eau peptonée alcaline

**VF :** Viande foie

**BCPL :** Bouillon Lactosé au pourpre de Bromocrésol

**EDTA :** Acide éthylène diamine tétra-acétique

**SFB :** Bouillon au Sélénite cystéine de Fer.

**CF:** Coliformes fécaux

**GT:** Germes totaux

**SF:** Streptocoque Fécaux

**TDS :** Teneur des sels dissous

**TH :** Le titre hydrotimétrique

**OMS:** Organisation Mondiale de la Santé

**MTH:** Maladies à transmission hydrique

**TGEA :** Tryptone Glucose Extract Agarydrique

**S/C :** Simple concentration

**D/C :** Double concentration

**UFC :**Unité formant colonies.

**pH :** Potentiel Hydrogène

**NPP :** Nombre le plus Probable

**ISO :** International standardisation organisation

**Ve :** Volume initial

**CE :** Conductivité électrique

*E.coli* : *Echerichia coli*

**nm** : Nanomètre

**MES** : Matières en suspension

**MO** : Matières organiques

**° F** : Degré français

**UFC/l** : Unité formant colonie par litre d'eau

**μS/cm** : Micro siemens par centimètre

**API** : Analytical Profile Index

**ASR** : Anaérobies Sulfito-Réducteurs

**OD** : Oxygène dissous

**J.O.R.A** : Journal Officiel de la République Algérien.

**NTU** : Néphélométrie turbidityunits

## Liste des figures

<b>Figure 1:</b> Les quatre sources étudiées .....	20
<b>Figure 2:</b> Multi paramètre de type Multi 1970i.....	22
<b>Figure 3:</b> Turbidimètre de type HACH TL2300 .....	22
<b>Figure 4:</b> Protocole de recherche et dénombrement des microorganismes revivifiables à 22°C et 37°C dans les eaux .....	29
<b>Figure 5:</b> Recherche et dénombrement des coliformes.....	31
<b>Figure 6:</b> Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux.....	34
<b>Figure 7:</b> Variation de la Turbidité des échantillons étudiés.....	40
<b>Figure 8:</b> Variation du pH des échantillons étudiés .....	41
<b>Figure 9:</b> Variation de la température des échantillons étudiés. ....	42
<b>Figure 10:</b> Variation de la conductivité des échantillons étudiés.....	43
<b>Figure 11:</b> Variation de la salinité des échantillons étudiés. ....	43
<b>Figure 12:</b> Variation de la TDS des échantillons étudiés .....	44
<b>Figure 13:</b> Variation de $\text{Ca}^{2+}$ des échantillons étudiés.....	45
<b>Figure 14:</b> Variation des $\text{Cl}^-$ des échantillons étudiés. ....	46
<b>Figure 15:</b> Variation du $\text{K}^+$ des échantillons étudiés.....	46
<b>Figure 16:</b> Variation de la concentration de $\text{Na}^+$ des échantillons étudiés.....	47
<b>Figure 17:</b> Variation de la concentration de $\text{NO}_3^-$ des échantillons étudiés. ....	48
<b>Figure 18:</b> Variation de la concentration de $\text{SO}_4^{2-}$ des échantillons étudiés.....	49
<b>Figure 19:</b> Variation de la concentration de $\text{Fe}^{2+}$ des échantillons étudiés. ....	49
<b>Figure 20:</b> Variation du $\text{Mg}^{2+}$ des échantillons étudiés.....	50
<b>Figure 21:</b> Variation des GT à 37°C des échantillons étudiés.....	51
<b>Figure 22:</b> Variation des GT à 22°C de l'eau des échantillons étudiés.....	51
<b>Figure 23:</b> Variation des CT de l'eau des échantillons étudiés. ....	52
<b>Figure 24:</b> Variation des CF des échantillons étudiés.....	53
<b>Figure 25:</b> Variation des SF des échantillons étudiés. ....	54
<b>Figure 26:</b> Cocci à Gram positif.....	57
<b>Figure 27:</b> Bacilles à Gram négatif .....	57
<b>Figure 28:</b> Test oxydase .....	57
<b>Figure 29:</b> Test catalase.....	57



## Liste des tableaux

<b>Tableau 1:</b> Les principales maladies d'origine hydrique et leurs agents responsables .....	18
<b>Tableau 2:</b> Position géographique des sources étudiées. ....	20
<b>Tableau 3:</b> Résultats des paramètres physicochimiques des échantillons étudiés. ....	39
<b>Tableau 4:</b> Caractères cultureux des souches isolées.....	55
<b>Tableau 5:</b> Les différentes espèces bactériennes identifiées. ....	58

# **Introduction**

### Introduction

L'eau est un élément nécessaire de la vie et de l'activité humaine, car elle intervient dans toutes les activités quotidiennes, notamment domestiques, industrielles et agricoles (**Diop, 2006**).

Les eaux souterraines constituent une excellente source d'eau douce et le plus souvent une eau de bonne qualité. Cependant, leur exploitation représente un avantage économique estimable, pour le maintenir, il est nécessaire de prendre des mesures pérennes de protection de la qualité de cette richesse (**Guerroui, 2015**).

La pollution des eaux souterraines est un problème majeur auquel notre monde moderne est confronté. La notion de pollution est une notion relative, on entend par laquelle, la présence de plusieurs origines de polluants dans l'environnement généralement créés par l'homme. Cette pollution peut être évidente (hydrocarbures flottante sur la mer), comme elle peut être moins visible (les rejets agricoles, considérés comme source de pollution par les fertilisants et les pesticides) (**El Morhit, 2009**).

L'Algérie se trouve confrontée au manque de réserves superficielles et à l'exploitation excessive des ressources souterraines ajouté à cela la pollution des eaux dans certaines régions (**Djidjel et Djorfi, 1992**).

La contamination de l'eau peut entraîner surtout dans les pays en développement des maladies graves telles que : Méningite, Infections Hépatiques, Typhus, Choléra, maladies respiratoires, dysenterie... (James et Joyce, 2004). Les maladies d'origine hydrique (MTH) peuvent conduire à des épidémies plus graves lorsque les conditions sont douteuses (**OMS, 1994**).

A cet effet, il est devenu très important de faire des contrôles et des analyses physico-chimiques et microbiologiques de l'eau périodiquement.

La présente étude vise à contrôler la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de quatre sources dans la région de Guelma (Ain El Baidha, Ain el ghoul, Ain ragba, Ain El Labba) par réalisation des analyses physico- chimiques et bactériologiques.

Ce manuscrit est réparti en deux parties principales :

I. La partie bibliographique avec deux chapitres qui traitent les eaux de source et les maladies à transmission hydrique.

II. La partie expérimentale avec deux chapitres :

- Le troisième chapitre décrit le matériel utilisé et la méthodologie adoptée pour effectuer ce travail
- Le quatrième chapitre sera consacré à la présentation des résultats obtenus ainsi que leur discussion.

Une conclusion clôturera ce travail où sont récapitulés les principaux résultats obtenus.

# **Partie bibliographique**

# **Chapitre I**

## **Généralités sur les eaux de sources**

### 1. Les eaux de sources

Les eaux de sources sont formées par les eaux d'infiltrations, elles constituent 20% des réserves d'eaux sur terre soit environ 1000 millions de m<sup>3</sup>. Une eau de source est une eau d'origine souterraine, microbiologiquement saine et protégée contre les risques de pollution. A l'émergence et au cours de la commercialisation, elle respecte ou satisfait les mêmes limites ou références de qualité, portant sur des paramètres microbiologiques et physico-chimiques, définies pour les eaux potables. Une eau de source est exploitée par une ou plusieurs émergences naturelles ou forées (**Debabza, 2005**).

### 2. Les types des eaux de sources

Les eaux de source sont de deux types : les eaux de source naturelles et les eaux de source minérales.

#### 2.1. Eaux de source naturelle

Une eau de source est une eau d'origine souterraine, ayant bénéficié d'une protection contre la pollution, et n'ayant subi ni traitement chimique, ni adjonction. Elle doit donc être naturellement conforme. Elle doit satisfaire les critères de potabilité (**Alouane, 2012**).

#### 2.2. Eaux de source minérale

Une eau minérale naturelle est également une eau d'origine souterraine, protégée de toute pollution. Ses caractéristiques chimiques doivent être stables. L'eau minérale n'est pas potable (on ne pourrait pas la distribuer au robinet).

Les eaux minérales peuvent être classées selon leurs teneurs en minéraux en eau très peu minéralisée, eau sulfatée calcique et eau bicarbonatée sodique (**Alouane, 2012**).

### 3. Origine des eaux de sources

L'eau de source provient obligatoirement d'une nappe d'eau d'origine souterraine. Plus la profondeur à laquelle se trouve l'eau est importante, plus elle assure à l'eau sa pureté. Les eaux de source ont une origine commune : les eaux de pluies lorsqu'elles sont infiltrées, la pluie pénètre verticalement à travers les différentes formations géologiques, appelées formations aquifères, jusqu'à la zone de saturation (nappe phréatique). Une fois emmagasinées, la nappe chemine en sous-sol sur la couche imperméable en suivant les pentes, parfois pendant des

dizaines voire des centaines de kilomètres, avant de ressortir à l'air libre, alimentant une source ou un cours d'eau. L'eau souterraine fournit près d'un tiers du débit total de toutes les rivières de la terre, soit environ 12 000 kilomètres cubes (Km<sup>3</sup>) d'eau par an. Ils représentent des ressources naturelles renouvelables déterminées par le cycle global de l'eau (Alouane, 2012).

### 4. Les paramètres d'évaluation de la qualité des eaux de source

#### 4.1. Paramètres physiques

##### a. Potentiel hydrogène (pH)

Le pH de l'eau indique une tendance à être acide ou alcaline. La détermination de la valeur du pH correspond à la mesure de la concentration en ions H<sup>+</sup> et OH<sup>-</sup> dans l'eau. Sa mesure est très importante car elle détermine de nombreux équilibres physico-chimiques (Rodier, 2009). Il doit être mesuré sur place. C'est un facteur important pour déterminer la qualité de l'eau (Brasilia, 2013).

##### b. Température

La température de l'eau est un facteur important dans le milieu aquatique, elle permet de moduler le contrôle des réactions physiques, chimiques et biologiques (Rodier et al., 1996).

##### c. Turbidité

La turbidité de l'eau est causée par les matières en suspension (argile, limons, particules organiques colloïdales, planctons, organismes microscopiques) qui donnent à l'eau son aspect trouble. Cette eau trouble peut être causée par des dépôts dans les canalisations, des signes de corrosion ou des interruptions de traitement (Savary, 2010).

La mesure de la turbidité est un traitement pour prévenir la sédimentation et améliorer l'aspect esthétique de l'eau de consommation (Rejsek, 2002).

##### d. Salinité

La salinité est un facteur écologique inhérent aux biotopes aquatiques (également présent dans les sols) caractérise leur teneur en Na Cl et autres sels dissous dans l'eau. Par ailleurs, les changements précoces de salinité induits par les activités humaines peuvent avoir des impacts importants sur les biotopes aquatiques associés (Ramade, 2011).



### **e. La conductivité électrique (CE)**

C'est la mesure de la capacité d'une solution de laisser passer un courant électrique, cette capacité dépend des sels solubles dans l'eau et de la température de mesure. Généralement, les sels minéraux présents dans l'eau, sont des bons conducteurs ; quant aux matières organiques et colloïdales, elles n'ont que peu de conductivité (**Rodier, 1996**).

### **4.2. Paramètres chimiques**

#### **a. Matières en suspension (MES)**

Les MES comprennent toutes les matières inorganiques ou organiques insolubles dans l'eau. Ceux-ci comprennent les argiles, les sables, les limons, la matière organique et les minéraux de petite dimension, le plancton et d'autres micro-organismes aquatiques (**Manaceur et Saidjk, 2013**).

Leur quantité dépend de la saison, des précipitations, de l'approvisionnement en eau et du type d'eaux usées... Cette substance affecte la clarté de l'eau, réduit l'incidence de la lumière et réduit la production de biomasse (**Metahri, 2012**).

#### **b. Matières organiques (MO)**

Les MO dissoutes dans l'eau souvent issues de l'agression et de la décomposition par des bactéries, des champignons inférieurs, des animaux et des plantes mortes. Cependant, elles peuvent également provenir du métabolisme d'organismes supérieurs, des déchets végétaux et animaux (**Lefèvre, 1993**).

Elles sont une source essentielle de nutriments pour la croissance bactérienne. Ces substances réagissent avec le chlore et affectent le goût et l'odeur (**JEAN, 1983**).

#### **c. Oxygène dissous (OD)**

L'OD est un composant essentiel de l'eau qui soutient la vie de la faune, il régule les réactions biologiques qui se produisent dans les écosystèmes aquatiques.

La solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de la pression, la température et la force ionique du milieu, sa concentration est exprimée en mg/l (**Rejeseck, 2002**).

#### **d. Titre hydrotimétrique (TH)**

C'est la dureté de l'eau, il exprime la concentration en ions alcalinoterreux présents dans l'eau. Il existe :

- \* Dureté totale : teneur en  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$
- \* Dureté magnésienne : teneur en magnésium seulement
- \* Dureté calcique : teneur en calcium seulement

La dureté s'exprime en degré français (°f) (**Degremont, 2005**).

### e. Titre Alcalimétrique (TA et TAC)

Le TA explique la teneur de l'eau en ions hydroxydes «  $\text{OH}^-$  » et une valence de carbonates. Le TAC lié à la teneur de l'eau en alcalins libres, carbonates et hydrogénocarbonates (**Berne et Jean, 1991**).

### f. Résidus secs (matières sèches)

Les MS fournissent des informations sur la teneur en substances dissoutes non volatiles (teneur en composants minéraux). Selon l'origine de l'eau, cette teneur varie de moins de 100 mg/l (eau de masses cristallines) à plus de 1000 mg/l. Leur quantité correspond à la quantité des minéraux qu'il reste après évaporation.

- \* Eau riche en minéraux : si le taux de résidus secs supérieur à 1500mg/l
- \* Eau moyennement minéralisée :si le taux de résidus secs est compris entre 500et 1500mg/l
- \* Eau très faiblement minéralisée :si le taux de résidus <50mg/l
- \* Eau faiblement minéralisés :si le taux de résidus secs <500mg/l (**Manaceur et Saidjk ,**

### 2013).4.3.Les paramètres organoleptiques

Ces paramètres tiennent compte des propriétés sensibles de l'eau : la couleur, l'odeur et la saveur.

#### a. La couleur

La couleur de l'eau est dite vraie ou authentique si elle est due à une seule substance dissoute c'est-à-dire passer à travers un filtre poreux (0,45  $\mu\text{m}$ ). Lorsqu'une substance en suspension ajoute sa propre couleur, on dit qu'elle est visible (**Rodier, 2009**).

### b. L'odeur

L'odeur est un signe de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition, Ces substances sont généralement présentes à l'état de traces indétectables. Par des procédures analytiques standard. Vous pourrez peut-être les détecter par l'odorat seul (**Rodier, 2009**).

### c. Gout et saveur

La saveur c'est le goût de l'eau. Ce n'est pas nécessairement une caractéristique de sa qualité. Cependant le changement peut être un signe de détérioration (**Bordet, 2007**).

## 4.4. Les paramètres bactériologiques

L'analyse bactériologique de l'eau est pour mettre en évidence la présence des bactéries qui changent l'aptitude d'une eau à une utilisation donnée, ces micro-organismes ont plusieurs caractéristiques telles que : l'origine des matières fécales des animaux à sang chaud, la résistance aux antiseptiques voisins de ceux des bactéries pathogènes. Leur non-prolifération anarchique dans la nature. On distingue :

### 4.4.1. Les streptocoques fécaux (SF)

Les entérocoques sont des bactéries naturellement présentes dans les intestins des animaux et des humains ; certains streptocoques fécaux sont très apparentés aux entérocoques et sont encore utilisés comme indicateurs de contamination fécale (**Gleeson et Gray , 1997**). De plus, ce sont des microorganismes pathogènes et opportunistes (**Edmond et al., 1995 ; Madani et al., 1999**).

Habituellement, Ils se retrouvent dans les eaux souterraines à cause d'une pollution fécale (**Gleeson et Gray , 1997 ; Edberg et al., 2000**).

### 4.4.2. Les coliformes totaux (CT)

Les coliformes sont des bactéries en forme bâtonnet, à Gram négatif, oxydase négatif, non sporulées, aérobies ou anaérobies facultatives. Ils fermentent le lactose avec la production de gaz et d'acide à 35°C (**Archibald, 2000 ; Edberg, et al., 2000**).

Les principaux germes inclus dans le groupe sont : *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Klebsiella* et *Serratia* (CEAEQ, 2000). La majorité des espèces sont non pathogènes et non

dangereuses pour la santé (Edberg et al., 2000 ; OMS, 2000), sauf certaines souches d'*Escherichia colis*.

Beaucoup de ces bactéries se trouvent naturellement dans les intestins des humains et des animaux, et certains sont même présents naturellement dans le sol et l'eau (Eden, 2014).

### 4.4.3. Les coliformes fécaux (CF)

Ce terme « coliformes fécaux » ou « Coliformes thermo-tolérants » correspond à des coliformes qui ont les mêmes caractéristiques après incubation à 44°C. Le groupe des coliformes fécaux comprend entre autres les espèces suivantes : *Escherichia coli*, *Enterobacter aerogenes*, *Citrobacter freundii*... (Rodier et al., 2009).

### 4.4.4. Les germes totaux (GT)

Ce terme inclut toutes les bactéries aérobies, mésophiles et hétérotrophes capables de se développer à 22°C et à 37 °C (Legube, 2015).

Le dénombrement des germes totaux, vise à estimer la densité de la population bactérienne dans l'eau potable (Levallois, 2003).

Généralement, il est utilisé comme indicateur de pollution dans les milieux naturels de très bonne qualité microbiologique pour contrôler une possible contamination bactérienne. et également comme indicateur d'efficacité de certains traitements, (CEAEQ, 2000 ; El Haissoufi et al., 2011).

## 5. Pollution des eaux de source

Les eaux de sources représentent la plus grande réserve en eau douce liquide de la wilaya de Guelma, et représente une importance dans l'agriculture de la région et aussi satisfaire les besoins en eau potable d'une population. Malgré que les eaux de sources sont exposées à des pollutions agricoles (pesticides et engrais), industrielles et urbaines. et l'utilisation de ces eaux à des fins alimentaires représente un danger pour la santé (Reggam, 2015).

### 5.1. Pollution domestique

Généralement, transportée par un réseau d'assainissement, qui collecte les rejets des ménages ou centre d'activité, vers une station d'épuration des eaux usées. Elle se caractérise par :

- Contenu organique élevé

- Les sels minéraux, dont l'azote et le phosphore,
- Détergents
- Germes fécaux (**Genin et al., 2003**).

### 5.2. Pollution par les eaux pluviales urbaines

Apparue depuis qu'il existe des réseaux de collecte spécifique, avec des points de concentration des rejets, ce qui peut causer de graves perturbations. Elle se caractérise par :

- Haute teneur en minéraux des matières en suspension (sables, graviers, poussières).
- La présence de nombreux détritiques solides ou flottants de petite taille.
- Fortes concentrations en toxiques et hydrocarbures (lessivage de parking, résidus de corrosion des équipements métalliques, résidus d'échappement des véhicules etc.) (**Genin et al., 2003**).

### 5.3. Pollution industrielle

Un grand nombre d'activités industrielles et manufacturières rejettent des substances polluantes directement ou indirectement dans les sources d'eau environnantes (**Habila, 2008**).

Les rejets industriels contiennent des différents produits sous forme soluble ou insoluble d'origine minérale et/ou organique, qui sont biodégradable et parfois toxique même en faible concentration (**Genin et al., 2003**).

### 5.4. Pollution par les activités agricoles

L'agriculture est responsable des rejets de nombreux polluants dans les eaux de surface et souterraines. Ces contaminants comprenant à la fois des sédiments provenant de l'érosion des terres agricoles, des rejets de la matière organique, les engrais chimiques et des pesticides, ces produits peuvent devenir toxiques lorsqu'ils sont utilisés en excès vont contaminer en période de pluie les eaux de surface et les eaux souterraines par infiltration (**Genin et al., 2003 ; Habila, 2008**).

# **Chapitre II**

## **Les maladies à transmission hydrique**

### 1. Les maladies à transmission hydrique (MTH)

Les MTH sont l'une des principales causes de mortalité élevée des populations des pays en voie de développement (**Madigan et Martinko, 2007**).

Selon le type de micro-organismes, la dose infectieuse, les voies d'exposition aux agents infectieux, nécessaires pour provoquer la maladie, est très variable. En général, la dose nécessaire est plus faible dans le cas des virus et des protozoaires qu'avec les bactéries. Ainsi, l'ingestion de 1 à 10 particules virales ou de quelques kystes de protozoaires peut provoquer la maladie alors qu'une concentration de  $10^3$  à  $10^6$  organismes est nécessaire dans le cas de certaines bactéries (**François, 2008**).

L'eau contaminée par les microorganismes et les excréments humains ou animaux, les déchets de pesticides d'engrais dans l'élevage, l'agriculture et l'industrie est une cause majeure des maladies très importantes dites du : Maladies péril fécal, qui sont provoqués par des virus (Les hépatites virales, Poliomyélite, ...etc.) et des maladies bactériennes (Le choléra, la fièvre typhoïde et les dysenteries) et les maladies parasitoses (Labilharziose ; L'oxyurose...etc.) (**Ayad, 2016**).

### 2. Les différents types de maladies hydriques

#### 2.1. Les maladies d'origine bactérienne

Les eaux peuvent transmettre un certain nombre de maladies d'origine bactérienne. On les cite avec les différents germes en cause :

##### 2.1.1. La fièvre Typhoïde

La fièvre typhoïde (du grec tymphos, torpeur) ou typhus abdominal est une maladie infectieuse découverte en 1818 par Pierre Bretonneau, causée par une bactérie de la famille *Entérobactérie*, du genre des salmonelles dont les espèces responsables sont : *Salmonella enterica*, *Salmonella typhi* ou *Salmonella paratyphi A, B et C*. C'est une maladie bactérienne transmissible strictement humaine. Elle est provoquée par des salmonelles que l'on trouve dans le lait, la nourriture ou l'eau contaminée (**Ayad, 2016**).

Chez l'homme la plupart des autres sérotypes de *Salmonella* provoquent des gastroentérites aiguës avec diarrhée. Environ 12 millions de personnes sont infectées par la typhoïde chaque année (**OMS, 2000**).

### 2.1.2. Le Choléra

C'est une maladie infectieuse diarrhéique à caractère épidémique, d'origine bactérienne, transmise par voie digestive. L'agent pathogène de Choléra est un bacille Gram- : *Vibrio cholerae*. Il s'agit d'une bactérie appartenant à la famille des *Vibrionaceae* et au genre du *cholerae*. La transmission de ce germe est donc hydrique ou inter-humaine : eaux polluées, produits marins contaminés, fruits et légumes irrigués, mains sales (toilette et transport des cadavres, repas) (Ayad, 2016).

### 2.1.3. Dysenterie bacillaire

La dysenterie bacillaire est une maladie intestinale généralement causée par des Bactéries *Shigella dysenteriae* et *S. flexneri*. Cette maladie est caractérisée par des diarrhées sanglantes extrêmement abondantes résultant de l'invasion de la muqueuse intestinale (Soumare, 1997).

### 2.1.4. La gastroentérite bactérienne

Il s'agit d'une inflammation de l'intestin provoquée par une infection du mucus intestinal et œsophagien.

Le plus souvent, un virus ou, moins fréquemment, une bactérie comme *la salmonelle*, *la shigelle* et *les staphylocoques* est à l'origine de cette maladie. Elle se propage par l'eau ou les aliments contaminés, provoque une fièvre fréquente, une diarrhée sévère pouvant contenir du sang ou du mucus dans les selles, des nausées, des vomissements, des crampes d'estomac, de la diarrhée, une déshydratation et des maux de tête, entre autres symptômes (Ayad, 2016).

## 2.2. Les maladies d'origine virale

En plus des maladies bactériennes, il existe des maladies d'origine virales. Nous pouvons citer :

### 2.2.1. Entérovirus

Les entérovirus sont des agents pathogènes fréquemment rencontrés en médecine. Ils appartiennent à la famille des *Picornaviridae* et sont constitués de petits virus non enveloppés à acide ribonucléique (ARN). Il existe actuellement 110 sous-types d'agents pathogènes humains, qui sont divisés en 5 espèces (*poliovirus* et *entérovirus humain A-D*) et dont la taille varie de



20 à 30 nm. Leur transmission est causée directement ou indirectement par des aliments et de l'eau contaminés (**Schwartzbrod, 2000**).

Ces virus sont extrêmement résistants au milieu extérieur et se propagent majoritairement par la bouche, bien qu'ils puissent aussi le faire par voie aérienne, conjonctive ou placentaire (**Pierre et Bernard, 2021**).

Certaines personnes peuvent ressentir des symptômes bénins comme de la fièvre, des cloches au niveau de la bouche et des douleurs musculaires (**Pierre et Docteur Bernard, 2021**).

### 2.2.2. Hépatites infectieuses

Provoquées par plusieurs types de virus dont le *VHA* et le *VHE*, de la famille des *Picornaviridae*. Leur transmission est orofécale. L'eau contaminée est la principale cause de cette maladie épidémique. (**OMS, 2012**).

- **L'hépatite A**

Il se transmet par voie digestive orofécale soit indirectement par l'eau souillée, contaminée par des selles infectées par virus d'où une plus forte incidence dans les pays où les réseaux d'eau potable et les stations d'épuration sont de qualité insuffisante causant l'hépatite A (*VHA*) qui est une maladie infectieuse du foie, considéré comme la plus fréquente des *hépatites virales*, pouvant entraîner : Fièvre, troubles gastro-intestinaux, ictère.

\*Diagnostic positif : Hépatite A : Sérologie (anti-HAV)

\*Agent pathogène : *VHA* : picorna virus, résistant aux antiseptiques et à la chaleur (**Roland, 2003**).

- **L'hépatite E**

Est une maladie infectieuse aiguë causée par le virus de l'hépatite E (*VHE*), cette maladie peut également se manifester par un syndrome fébrile de l'estomac. Dans la forme fulminante. Il existe un risque d'hépatite fulminante (**Roland, 2003**).

\*diagnostic : coproculture

\* *VHE* : moins résistant dans le milieu extérieur, plus sensible aux désinfectants et au chlore (**OMS, 2012**).

Les deux virus sont éliminés des cellules. La période infectieuse commence pendant la période d'incubation et peut durer plusieurs jours après le début de la maladie. La majorité des cas d'hépatite ne se propagent pas dans la semaine suivant l'apparition de l'ictus. Au pic des transaminases, l'excrétion fécale virale semble s'être arrêtée (Ayad, 2016).

### 2.2.3. La gastroentérite virale

Une inflammation de l'estomac et des intestins pouvant entraîner un large éventail de symptômes ;Elle s'accompagne de diarrhée, de vomissements, de nausées, de douleurs abdominales etparfois de fièvre (Ayad, 2016).

Les virus qui causent ce genre de maladie sont :

- **Rotavirus**

La majorité des épidémies de gastro-entérite infantile et adulte sont causées par une gastro-entérite liée au *Rotavirus*. La mort est généralement provoquée par un déséquilibre électrolytique et une déshydratation (Rodier et al., 2003).

- **Virus de Norwalk**

Virus à ARN appartenant au *genre Norovirus*, appartenant à la famille des *Caliciviridae*, responsable de diarrhées aiguës du grand enfant et de l'adulte, parfois épidémiques, d'évolution bénigne. La contamination s'effectue par voie orale ou fécale (contamination alimentaire ou hydrique) (Rodier et al., 2003).

### 2.2.4. La poliomyélite

La poliomyélite est une maladie infectieuse, contagieuse, neurotrophe et immunisante, provoquée par des *poliovirus* sauvages (types 1, 2 et 3). La transmission se fait par voie oro-pharyngée dans les pays développés et par voie féco-orale dans les pays en voie de développement (mains sales, eaux...). Cette maladie est répandue dans les pays à mauvaises mesures d'hygiène, elle touche principalement les enfants âgés entre 3 mois et 5 ans (Ayad, 2016).

### 2.3. Les maladies d'origine parasitaire

En plus des maladies d'origine bactérienne et virale, on trouve les épidémies dues à des parasites comme : *l'ankylostomose, la dracunculose, le téniasis, cysticercose...* (Ayad, 2016).

#### 2.3.1. Amibiase

L'amibiase est une parasitose due à l'infection par l'amibe *Entamoeba Histolytica*, localisée au niveau des intestins. Elle traverse la muqueuse de l'intestin et détruit la paroi (Boubidi, 2007).

#### 2.3.2. La bilharziose

La bilharziose est une maladie parasitaire causée par la *Schistosoma mansoni* qui vit dans les veines abdominales de l'homme et pond ses œufs dans l'urine et les selles. La maladie est répandue dans les régions tropicales. En général, la victime succombe après des années d'affaiblissement mental (Ayad, 2016).

#### 2.3.3. L'onchocercose

L'onchocercose, dite aussi « cécité des rivières », est une maladie parasitaire endémique particulièrement dans les pays africains. Le parasite responsable est un ver transmis par une mouche c'est la simule, dont les larves vivent dans les eaux courantes. Pour tuer cette larve et lutter contre la maladie, les eaux des rivières doivent être traitées aux insecticides pendant plusieurs années (Ayad, 2016).

### 2.4. Les maladies d'origine fongique

#### 2.4.1. Candidoses

Il s'agit d'une maladie génitale provoquée par un champignon *Candida*, qui peut également entraîner des infections superficielles qui affectent la peau et les muqueuses (Boubidi, 2007).

Les plus courantes de *C. albicans* comprennent des lésions mucocutanées, des infections fongiques et des infections localisées de plusieurs organes. Les symptômes varient selon le site d'infection et comprennent une dysphagie, des lésions cutanées et muqueuses, une dysfonction érectile (cécité), des symptômes vaginaux (démangeaisons, brûlures, leucorrhée),

de la fièvre, un choc, une oligurie, une insuffisance rénale et une coagulation intravasculaire diffuse (1).

### 2.4.2. Pityrosporese

Une pityrosporese, aussi appelée *eczéma séborrhéique* ou *statodermie*, est une affection cutanée très fréquente et causée par un champignon (levure) du genre *Pityrosporum* (Boubidi, 2007).

Il existe différentes variétés de pityriasis :

- Le pityriasis du cuir chevelu se caractérise par la présence de squames (squames de différentes tailles) qui démangent parfois.
- La dermatose de Brocq se caractérise par la présence de très petits médaillons rouges, plus fins au centre, avec de petits squames cutanés desquamants, parfois prurigineux, et localisés à l'avant du thorax (1).

### 2.4.3. Cryptococose

L'infection pulmonaire ou généralisée connue sous le nom de *cryptococose* est provoquée par inhalation de terre contaminée par la levure encapsulée *Cryptococcus neoformans* or *C. gattii*. Les symptômes sont ceux d'une pneumonie, d'une méningite ou d'une atteinte de la peau, des os ou des viscères. Le diagnostic est clinique et microscopique, confirmé par la culture ou par une coloration de fixation tissulaire. Lorsqu'un traitement est nécessaire, il consiste en des dérivés azolés, d'amphotéricine B, avec ou sans flucytosine (1).

## 2.5. Les maladies d'origine chimique

On trouve des substances chimiques (nitrate, pesticides...) et d'autres substances comme les métaux lourds qui sont pas éliminées par l'organisme. Elles s'y accumulent, et leur ingestion prolongée peut provoquer des maladies graves, même si leur teneur dans l'eau est très faible. Ingérée en grande quantité, lors d'une pollution accidentelle, ces mêmes substances sont rapidement toxiques (Khiter, 2018).

### 2.5.1. Nitrate

Au-delà d'un certain seuil de concentration, les nitrates peuvent également causer des cancers chez les adultes lorsqu'ils sont associés à certains pesticides avec lesquels ils forment des composés cancérigènes (**Vilaginès, 2010**).

### 2.5.2. Phosphore

Forte concentration de phosphates peuvent engendrer des problèmes de santé, tels que de l'ostéoporose ou des problèmes aux reins. Peut aussi endommager le foie et le cœur et peut provoquer des brûlures de la peau (**Gueroui, 2015**).

### 2.5.3. Pesticides

Le problème avec les pesticides est qu'ils forment une famille très nombreuse : plusieurs centaines de molécules très diverses sont en effet utilisées. En outre, dans la nature, ces molécules se dégradent et en génèrent d'autres. Les toxicités de ces substances, pesticides et produits de dégradation, diffèrent et sont mal connues pour la plupart, l'incertitude portant sur les effets à long terme de doses infimes répétées. Certains sont cancérigènes comme l'atrazine (2).

### 2.5.4. Plomb

Le plomb passe rapidement dans le sang et va perturber plusieurs mécanismes biochimiques, il touche principalement le système nerveux mais aussi d'autres fonctions, comme la reproduction. Les enfants exposés de manière prolongée à de faibles doses de plomb peuvent ainsi développer un saturnisme, une maladie caractérisée par des troubles pouvant être irréversibles : ceux-ci concernent la croissance, le développement du système nerveux central, le développement intellectuel et le comportement. En fortes doses, le plomb peut même induire chez les adultes en général des troubles de la reproduction, des insuffisances rénales, ou des encéphalopathies. Il peut également se fixer sur les os où il ne sera pas gênant tant qu'il ne sera pas renvoyé dans le sang ; or cela peut se produire en particulier chez les femmes enceintes – entraînant une exposition du fœtus, et chez les personnes âgées -qui se retrouvent empoisonnées de manière brutale (3).

**Tableau 1:** Les principales maladies d'origine hydrique et leurs agents responsables (Hasly et al., 1993 ; Bazine et al., 2011).

<b>Maladies</b>	<b>Agents pathogènes</b>
<p><b>D'origine virale :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-L'hépatite A et E</li> <li>-La polio, La gastroentérite aiguë et Chronique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Virus de l'hépatite A et E</li> <li>- Virus de la poliomyélite</li> <li>- Virus Norwalk Rotavirus ; Enterovirus ; Adenovirus</li> </ul>
<p><b>D'origine bactérienne :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La Typhoïde et la paratyphoïde</li> <li>- La dysenterie bacillaire</li> <li>- Le choléra</li> <li>- La gastro-entérite aiguë et la diarrhée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Salmonelle</i> typhique ; <i>Salmonelle</i> parathyphique A et B ; <i>Shigella sp.</i> ;</li> <li>- <i>Vibrio cholerae</i> ; <i>Escherichia coli</i> ; Entérottoxique ; <i>Campylobacter</i> ; <i>Yersiniaenterocolitica</i> ; <i>Salmonelle</i> ; <i>Shigella sp.</i></li> </ul>
<p><b>D'origine parasitaire :</b></p> <p>Dysenterie amibienne parasite gastro-entérite</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Gastro-entérite ; <i>Entamoeba histolytica</i> ; <i>Giardia lamblia</i> ; <i>Cryptosporidium</i></li> </ul>
<p><b>D'origine fongique</b></p> <p>Candidose</p> <p>Pityrospores</p> <p>Cryptococcoses</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Candida albicans</i></li> <li><i>Malassezia sp.</i></li> <li><i>Cryptococcus sp.</i></li> </ul>

# **Partie expérimentale**

# **Chapitre III**

## **Matériel et méthodes**



Notre travail consiste essentiellement à étudier les caractéristiques physicochimiques et bactériologiques des eaux de sources dans la wilaya de Guelma.

Cette recherche a été effectuée dans le laboratoire pédagogique de microbiologie, de l'université 8 Mai 1945, Guelma pour l'analyse bactériologiques, par contre les paramètres physico-chimiques ont été effectués au sein du laboratoire de la station du traitement des eaux potables de la ville de Guelma.

### 1. Situation et description de la zone d'étude

La wilaya de Guelma s'étend sur une superficie de 3.686,84 km<sup>2</sup>. Elle se situe au Nord-est du pays et constitue, du point de vue géographique, un point de rencontre, voire un carrefour entre les pôles industriels du Nord (Annaba et Skikda) et les centres d'échanges au Sud (Oum El Bouaghi et Tébessa). Elle occupe une position médiane entre le Nord du pays, les Hauts plateaux et le Sud (4).

Elle est limitée par :

- Annaba, au Nord
- El Taref, au Nord-est
- Souk Ahras, à l'Est
- Oum El-Bouaghi, au Sud
- Constantine, à l'Ouest
- Skikda, au Nord-ouest (4).

#### 1.1. Sites de prélèvement

Quatre sources d'eau ont été choisies, situées dans diverses communes de la Wilaya de Guelma (**tab.2**) : Houari Boumediene (Ain El Ghoul), Sellaoua Announa (Ain Baidha), Hammam Debagh (Ain El Ragba) et Guelaat Bousbaa (Ain el Labba).

**Tableau 2:** Position géographique des sources étudiées.

Les sources	Altitude	Agglomération	Cordonnées GPS
Ain El Ghoul	322 m	Houari Boumedienne	36°24'20.30''N 7°17'32.89''E
Ain El Baidha	710 m	Sellaoua Announa	36°23'05,05 ''N 7°14'10,77''E
Ain El Ragba	511 m	Hammam Debagh	36°29'51.09''N 7°15'08.24''E
Ain El Labba	352 m	Guelaat bousbaa	36°32'45''N, 7°28'31''E

Deux prélèvements ont été effectués durant les mois Février et Avril :

- P1 : le 19/02/2023
- P2 : le 16/04/2023



Source 1 : Ain el Ghoul



Source 2 : Sellaoua Announa



Source 3 : Ain el Ragba



Source 4 : Ain el Laba

**Figure 1:** Les quatre sources étudiées (Prise personnelle).

## **2. Echantillonnage**

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération sensible, l'échantillon doit être homogène et effectué dans des conditions générales d'hygiène strictes, de manière à éviter la contamination des échantillons d'eau prélevés et la contamination externe de l'environnement sans modifier les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques de l'eau.

Les échantillons destinés aux analyses physico-chimiques ont été prélevés dans des bouteilles en plastique de 1,5 l et les échantillons d'eau destinés aux analyses bactériologiques ont été prélevés dans des flacons en verre stériles d'une capacité de 220 ml. Au moment du prélèvement, l'ouverture des flacons juste devant le robinet de la source ; et juste après le remplissage du flacon, ce dernier sera fermé hermétiquement.

Ces échantillons sont portés dans une glacière isothermique, afin de ne pas affecter la flore bactérienne et d'éviter la contamination de cette eau.

## **3. Transport et conservation des échantillons**

Les flacons doivent être étiquetés et envoyés directement au laboratoire. Il est important d'effectuer l'analyse le plus rapidement possible.

Les échantillons prélevés doivent impérativement être conservés au froid (+ 2 à + 5 °C) et à l'abri de la lumière, y compris pendant leur transport vers le lieu d'analyse.

## **4. Techniques de prélèvement**

### **4.1. Techniques de mesure des paramètres physico-chimiques**

#### **4.1.1. Mesure in situ**

La mesure de pH, température, conductivité, l'oxygène dissous et salinité a été effectuée In situ à l'aide d'un multi paramètre de type Multi 1970 i. La lecture est faite après stabilisation de la valeur sur l'afficheur de l'appareil (**Fig.02**).



**Figure 2:** Multi paramètre de type Multi 1970i

#### 4.1.2. La turbidité

La mesure de la turbidité a été effectuée avec un turbidimètre de type HACH TL2300. La lecture se fait après affichées sur l'écran de l'appareille (**Fig.03**).



**Figure 3:** Turbidimètre de type HACH TL2300.

- **Dosage de Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ )**
- **Principe**

Le principe est identique à celui de la méthode complexométrique décrite pour la dureté totale. Comme le dosage se fait à un pH élevé, le magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde. Et n'intervient pas. Par ailleurs, l'indicateur choisi ne se combine qu'avec le calcium.

- **Mode opératoire**

- Introduit 50 ml de l'eau à analyser dans un erlenmeyer au col large.
- Ajouter 2 ml de la solution d'hydroxyde et quelques graines d'indicateur coloré.
- Verser la solution d'EDTA jusqu'au virage du rose au violet.

- **Expression des résultats**

La détermination de la teneur en calcium est donnée par la formule suivante :

$$[Ca^{2+}] = \frac{V1 \times CEDTA \times F \times M_{Ca^{2+}}}{P.E} \times 1000$$

**V1** : Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.

**C** : Concentration molaire d'EDTA (0,01 M/l).

**M<sub>Ca<sup>2+</sup></sub>** : Masse molaire du calcium en g.

**P.E** : Prise d'essai.

**F** : Facteur de dilution. (**ISO 6058**)

#### 4.1.3. Dosage de Magnésium (Mg<sup>2+</sup>)

- **Principe**

Le titrage molaire des ions calcium et magnésium avec une solution de sel disodique de l'acide et de éthylènediaminetétraacétique (EDTA) à pH10. Le noir ériochrome T, donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions calcium et magnésium, est utilisé comme indicateur. (**ISO 6059**)

- **Mode opératoire**

Introduire 50 ml d'eau à analyser, on ajoute 2 ml d'hydroxyde d'ammonium (NH<sub>4</sub>OH), puis on ajoute quelque graine de Noir Erichrome T (NET), Titrer avec la solution d'EDTA jusqu'au virage couleur bleu.

- **Réactifs**

- Indicateur coloré : noir érichrome T.
- Solution d'EDTA (C<sub>10</sub> H<sub>14</sub> N<sub>2</sub> Na<sub>2</sub>O<sub>8</sub> H<sub>2</sub>O).
- Solution NH<sub>4</sub>OH.

- **Expression des résultats**

La détermination de Magnésium (mg/l) est donnée par la formule suivante :

$$[Mg^{2+}] = \frac{V2 - V1 \times CEDTA \times F \times M(Mg^{2+})}{P.E}$$

**V2** : Volume titré du calcium et du magnésium.

**V1** : Volume titré de calcium.

**C** : Concentration molaire d'EDTA (0,01 M/l).

**MMg<sup>2+</sup>** : Masse molaire du magnésium en g.

**P.E** : volume de l'échantillon.

**F** : Facteur de dilution.

#### 4.1.4. Dosage de Chlorures (Cl<sup>-</sup>)

- **Principe**

Les ions de chlorure sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent (AgNO<sub>3</sub>) en présence de chromate de potassium (K<sub>2</sub> CrO<sub>4</sub>).

La fin de la réaction est indiquée par l'apparition d'un précipité rouge (chromate d'argent) (ISO 9964-1).

- **Mode opératoire**

- Introduire 25 ml de l'eau à analyser, dans un erlenmeyer.
- Ajouter 2 à 3 gouttes de la solution de chromate de potassium à 10%.
- Verser la solution du nitrate d'argent jusqu'à apparition d'une teinte rougeâtre, qui doit persister 1 à 3min.

- **Réactifs**

- Solution de chromate de potassium (K<sub>2</sub> CrO<sub>4</sub>).
- Solution de nitrate d'argent (AgNO<sub>3</sub>) à 10%.

- **Expression des résultats**

Le résultat est donné par la formule suivante :

$$[\text{Cl}^-] \text{ (ml/l)} = V(l) \times 142$$

V(l) : volume de l'AgNO<sub>3</sub> nécessaire pour les ions de chlorure.

#### 4.1.5. Dosage de L'ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)

##### 4.1.6. Principe

Un composé bleu est formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et l'hypochlorite en présence de nitropentacyanoferrate (III) de sodium. (ISO 7150/1-1984 (F))

- **Mode opératoire**

- Prendre 40 ml d'échantillon.
- Ajouter 4 ml (réactif I), puis ajouter 4 ml de la solution de réactif (III).
- Compléter jusqu'à 50 ml.
- Attendre 1h30 min.
- L'apparition de la couleur verte indique la présence de l'ammonium.
- La lecture spectrophotométrique à 655 nm.

- **Expression des résultats**

La concentration est directement affichée par la spectrophotométrie.

#### 4.1.7. Dosage des nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)

- **Principe**

Les ions nitrites réagissent en milieu acide (pH=1,9) avec la sulfamide en formant sel de diazonium (diazotation) qui forme avec le N-(1-naphtyl) - éthylènediamine-dichlorohydraté un colorant azoïque rouge. (ISO 6777)

- **Mode opératoire**

- Prendre 50 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 1 ml du réactif mixte.
- Attendre 10 min.
- L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO<sub>2</sub>.
- Effectuer la lecture à 543 nm.

- **Expression des résultats**

La concentration des nitrites en mg/l est déterminée à partir d'une courbe d'étalonnage.



#### 4.1.8. Dosage des nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

- **Principe**

À la présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosionate de sodium coloré en jaune, susceptible d'un dosage colorimétrique.

- **Mode opératoire**

- Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser.
- Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30 %.
- Ajouter 1 ml de salicylate de sodium.
- Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75 – 88°C, laisser refroidir.
- Reprendre le résidu avec 2 ml d' $\text{H}_2\text{SO}_4$ , laisser reposer 10 min.
- Ajouter 15 ml d'eau distillée.
- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium.

- **Expression des résultats**

Les résultats sont donnés directement en mg/L à une longueur d'onde de 415 nm.

#### 4.1.9. La teneur en sel dissous(TDS)

La quantité des sels minéraux dissous influe sur la conductivité, la TDS c'est là mesure qui permet la détermination de la quantité totale de sels minéraux dissous dans l'eau.

L'eau qui a une salinité inférieure à 600 mg/l est généralement considérée aussi bonne que soient les mesures TDS en laboratoire à l'aide de multi paramètres ou mettre une certaine quantité d'eau à analyser dans un bécher stérile et l'introduire dans le compteur TDS eau dans un des appareils (**Rodier, 1996**).

#### 4.1.10. Dosage des sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ )

Les ions sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique à l'état de sulfate de baryum. Après l'étalonnage de spectrophotomètre, le dosage peut se faire selon les étapes suivantes :

- Prendre 20ml de l'eau à analyser puis compléter à 100 ml d'eau distillée
- Ajouter 5ml de la solution stabilisante.
- Ajouter 2ml de chlorure de baryum, agitée pendant 1 min.
- Lecture spectrophotométrique à  $\lambda=420$  nm.

- **Expression des résultats**

La concentration de sulfate est déterminée à partir d'une courbe d'étalonnage.

#### 4.1.11. Détermination du fer ( $\text{Fe}^{2+}$ )

- **Principe**

Le complexe fer (II) – phénanthroline –1,10 est stable dans un pH [de 2,5 à 9,] l'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de fer (II) présent. La relation entre la concentration et l'absorbance est linéaire jusqu'à une concentration de 5 mg de fer par litre. Le maximum d'absorbance se situe à environ 510 nm. (ISO 6332)

- **Mode opératoire**

- Mettre 50 ml d'eau à analyser dans un erlenmayer.
- Ajouter à la solution phénanthroline 1ml de la solution de chlorhydrate d'hydroxylamine et mélanger soigneusement.
- Ajouter 2ml du tampon d'acétate pour avoir un pH de 4,5.
- Ajouter 2ml de la solution de phénanthroline et conserver pendant 15 min à l'obscurité.
- Complète à 50ml puis conserver les à l'obscurité pendant 15 min.
- Mesurer l'absorbance à 510 nm.

- **Expression des résultats**

Les résultats sont donnés en mg/l à partir d'une courbe d'étalonnage.

## 4.2. Techniques de mesure des paramètres bactériologiques

### 4.2.1. Recherche et dénombrement des germes totaux

Ce sont des germes spécifiques de l'eau qui se développent dans des conditions aérobies à 37°C, leur présence est considérée comme indicateur de pollution bactérienne (Claire, 2011). Cette méthode consiste à rechercher et dénombrer les micro-organismes pouvant exister dans les eaux des sources destinées à la consommation humaine. (ISO 6222)

- **Mode opératoire**

A partir de l'eau à analyser (solution mère), porter aseptiquement 1 ml en double dans le fond de deux boîtes de Pétri vides, numérotées et préparées à cet usage comme l'indique la compléter en suite avec environ 15 à 20 ml de gélose TGEA fondue, maintenue à 45°C. Agiter doucement

par un mouvement circulaire et de va-et-vient en forme "8" pour assurer un mélange homogène de l'eau et de la gélose, sans faire de bulles d'air et sans mouiller les bords de la boîte. Le milieu doit être coulé 10 minutes au plus tard après reproduction de l'eau à analyser, laisser solidifier sur la pailasse, puis rajouter une deuxième couche d'environ 5 ml de la même gélose. Retourner les boîtes et incuber le premier lot à 37°C pendant 48 heures et le second à 22°C pendant 72 heures.

- **Lecture**

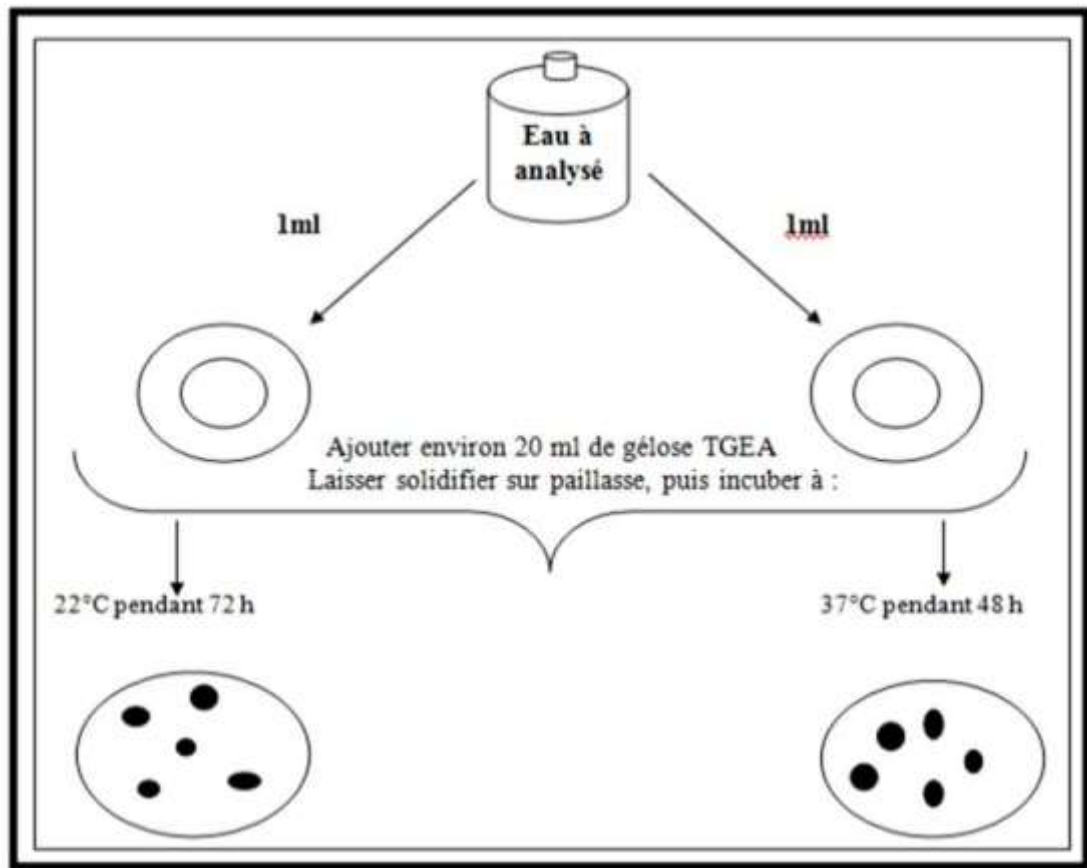
Les germes revivifiables se présentent dans les deux cas sous forme de colonies lenticulaires poussant en masse.

- Première lecture après 24 heures ;
- Deuxième lecture après 48 heures ;
- Troisième lecture après 72 heures.

- **Dénombrement**

Il s'agit de dénombrer toutes les colonies, en tenant compte de la remarque suivante :

- Dénombrer les boîtes contenant entre 15 et 300 colonies. (**Fig.04**)
- Les résultats sont exprimés en nombre de micro-organismes revivifiables par 1 ml d'eau à analyser à 22°C et 37°C



**Figure 4:** Protocole de recherche et dénombrement des microorganismes revivifiables à 22°C et 37°C dans les eaux.

#### 4.2.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux

- **Définition**

Les coliformes sont des bacilles à Gram négatif, aéro-anaérobies facultatifs non sporulés, oxydase négatif, se multiplient en présence de sels biliaires, fermentent le lactose avec production d'acide et de gaz en 24 à 48h à 37°C.

Les Coliformes thermo tolérants ont les mêmes propriétés que les coliformes mais à 44°C.

Les *Escherichia coli* sont des coliformes thermotolérants ayant la particularité de produire de l'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu à 44°C (Carbonelle et al., 1988 ; Camille, 2003).

- **Dénombrement**

- ❖ **Colimétrie en milieu liquide**

Se fait en deux étapes consécutives :

- **Test de présomption**

A partir de l'eau à analyser, porté aseptiquement :

- 50 ml dans un flacon de 50ml de milieu BCPL (Bouillon Lactosé au pourpre de Bromocrésol) D/C (doublement concentré) muni d'une cloche de Durham.
- 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10ml de BCPL D/C
- 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de BCPL S/C (simplement concentré), incubé à 37°C pendant 24 à 48h.

- **Lecture**

Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement de gaz (supérieur au 1/10ème de la hauteur de la cloche).
- Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune. La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du nombre le plus probable (NPP).

- **Test de confirmation**

- Le test de confirmation est basé sur la recherche de Coliformes thermotolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*Escherichia coli*.
- Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des CT feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'un ose bouclée dans des tubes contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham.
- L'incubation se fait au bain marie à 44°C pendant 24 heures.

- **Lecture**

Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement gazeux,
- Un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *Escherichia coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kowacs. (**Fig.05**) La lecture finale se fera par consultation de la table du NPP (**Lebres et Mouffok , 2008**).

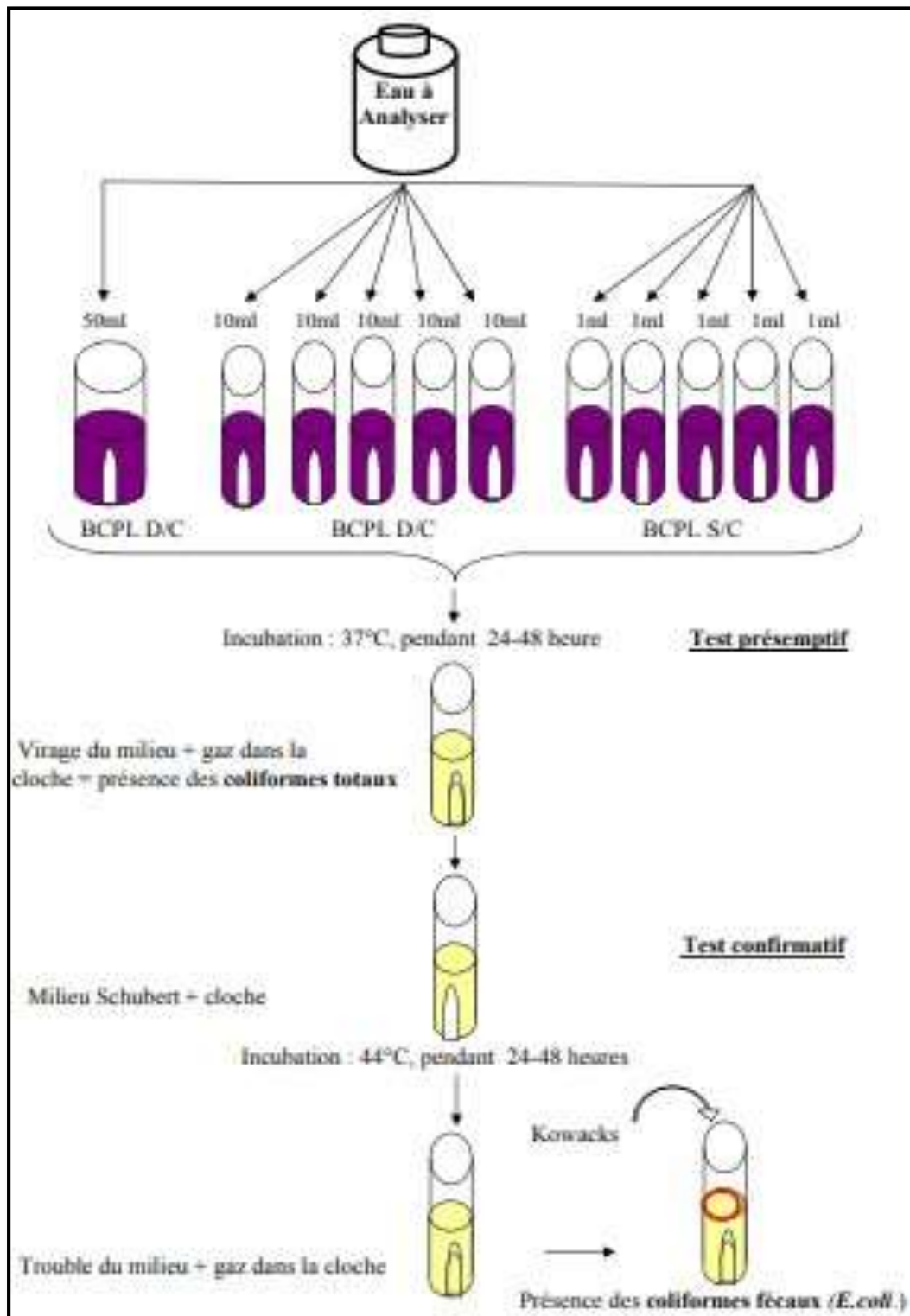


Figure 5: Recherche et dénombrement des coliformes.

#### 4.2.3. Recherche et dénombrement des clostridium sulfuto-réducteurs (les ASR)

- **Définition**

Les ASR sont : Des Bacilles Gram Positifs.

- L'incubation se fait à  $36 \pm 2^\circ\text{C}$  en 24 à 48 heures en gélose profonde de type Viande foie (VF) additionné d'alun de fer et sulfite de sodium et donnent des colonies caractéristiques blanches entourées d'une auréole noire.

La présence d'ASR dans les eaux, constitue généralement un véritable indice de contamination ancienne (**Labres, 2006**).

- **Dénombrement (méthode par incorporation en gélose en tubes profonds)**

A partir de l'eau à analyser :

- Transférer environ 25 ml dans un tube stérile, puis chauffer à  $75^\circ\text{C}$  pendant 15 min.
- Refroidir immédiatement.
- Répartir ensuite le contenu du tube, dans 4 tubes stériles.
- Ajouter environ 20 ml de gélose VF, fondue puis refroidie à  $47 \pm 1^\circ\text{C}$ .
- Mélanger doucement le milieu et l'inoculum.
- Laisser solidifier sur pailasse puis incubé à  $37^\circ\text{C}$ .

➤ **Lecture et interprétation**

Après une incubation de 48h, dénombrer toute colonie noire de 0,5 mm de diamètre, ayant poussé en masse et rapporter le nombre total des colonies dans les quatre tubes à 20 ml d'eau à analyser.

#### 4.2.3. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux

- **Dénombrement**

- ❖ **Méthode par ensemencement en milieu liquide**

➤ **Test de présomption**

Cette recherche se fait en bouillon Rothe qui est un Bouillon à l'acide de sodium. Il est utilisé pour la confirmation lors des recherches et dénombrements des Streptocoques fécaux dans les

eaux d'alimentation et résiduares, les produits surgelés et les autres denrées alimentaires par la méthode du nombre le plus probable (NPP).

Nous avons suivi les étapes :

- 50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu ROTHE D/C.
- 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE D/C.
- 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE S/C.
- Bien mélanger le milieu et l'inoculum.
- Incubation à 37°C, pendant 48 h (**Lebres et Mouffok , 2008**).

### ➤ **Lecture**

Après 48h d'incubation, les tubes présentant un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu sont considérés comme positifs (**Fig.06**).

La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP.

### ➤ **Test de confirmation**

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des streptocoques fécaux éventuellement présents dans le test de présomption (streptocoques du groupe D). Les tubes de Rothe trouvés positifs feront l'objet d'un repiquage dans un tube contenant le milieu Evalitsky qui est utilisé pour la confirmation lors des recherches et dénombrement des Streptocoques fécaux dans les eaux d'alimentation et résiduares par la méthode du NPP. L'incubation se fait à 37°C, pendant 24 heures (**Labres, 2002 ; Roux, 2003**).

### ➤ **Lecture**

Les tubes présentant un trouble microbien, une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes Seront évalués comme positifs. La lecture finale s'effectuée selon les conditions de la table du NPP (**Lebres et Mouffok , 2008**).



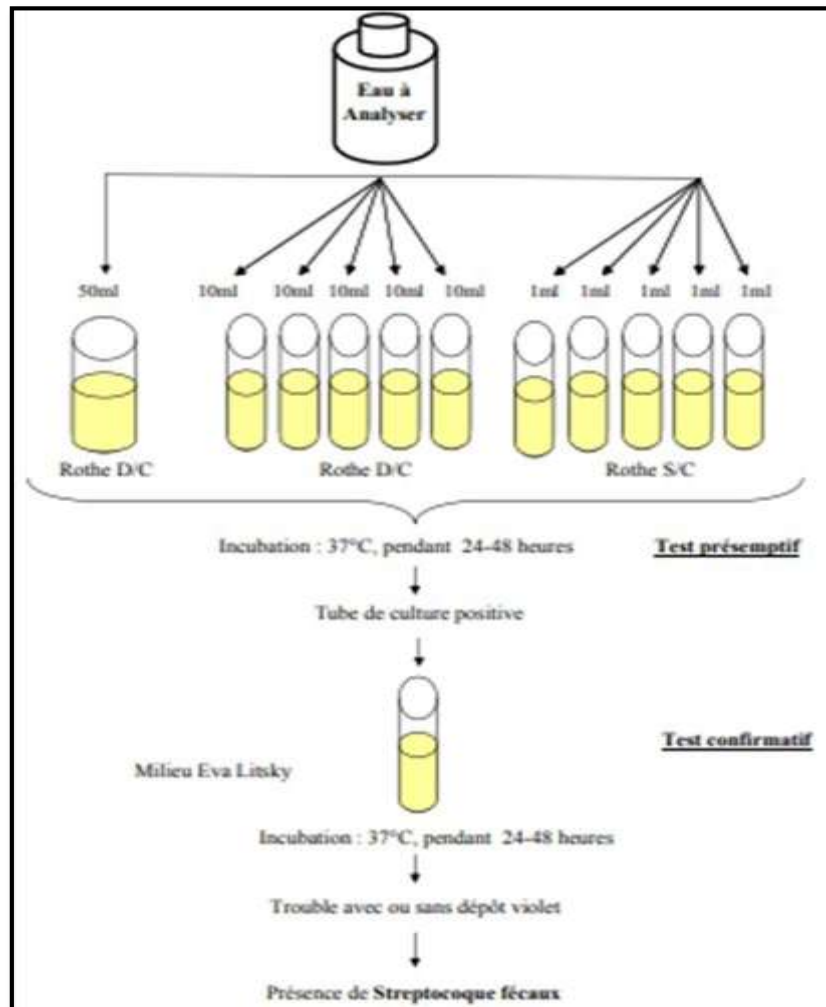


Figure 6: Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux.

## 5. Isolement et identification des espèces bactériennes

### 5.1. Isolement

- L'isolement des bactéries a été effectué sur des milieux sélectifs tels que : Cétrimide, GNAB, Chapman, Mac conkey.
- Les boîtesensemencées sont incubées à 37° C pendant 48h.

### 5.2. Enrichissement

- Les milieux liquides EPA et SFB ont été utilisés pour l'enrichissement des *Vibrio* et les *Salmonelle* respectivement.
- Les tubes inoculés sont incubés à 37° C pendant 48h.

### 5.3. Repiquage et purification des colonies

Après incubation, la purification a été effectuées par repiquage successive sur les milieux utilisés , jusqu'à l'obtention des colonies bien homogènes, très uniformes et pures (**Larpent, 1997**).

### 5.4. Identification des germes

L'identification des espèces bactériennes isolées était principalement basée sur la recherche d'enzymes spécifiques pour étudier le métabolisme bactérien. L'examen morphologique (macroscopique et microscopique) présente un grand intérêt diagnostique (**Amira, 2008**).

#### 5.4.1. Identification morphologique

##### 5.4.1.1. Examen macroscopique

Ce test vise à déterminer la taille, la surface, l'aspect, le contour, l'élévation et la couleur des colonies sur les boites de Pétri après incubation à 37 °C pendant 24 h.

##### 5.4.1.2. Examen microscopique après coloration de Gram

L'examen de préparation microscopique est basé sur la coloration différentielle de Gram qui Permet de faire la distinction entre les bactéries Gram (+) et les bactéries Gram (-) et de connaître le mode de regroupement et la morphologie des bactéries (**Amira, 2008**).

#### ➤ **Technique**

- Sur une lame propre, ajouter une goutte d'eau distillée stérile, puis avec l'anse de platine stérile, prendre une colonie bactérienne à partir de la culture sur les milieux précédents.
- Mélanger avec la goutte d'eau distillée avec passage rapide sur la flamme du bec Bunsen.

#### ✓ **Coloration simple**

Recouvrir le frottis par le violet de Gentiane ; laisser agir pendant 1 min.

#### ✓ **Fixation et mordantage**

Verser le lugol et le laisser agir pendant 1min.

#### ✓ **Décoloration**

Laver la lame avec l'alcool éthylique jusqu'à ce que le colorant cesse de s'échapper librement du frottis puis rincer à l'eau courante.

✓ **Recoloration**

Verser quelques gouttes de Fuchsine basique et laisser agir pendant 30 secondes, rincé à l'eau.

✓ **Séchage**

Laisser la lame sécher, puis ajouter une petite goutte d'huile de cèdre et examiner avec un microscope optique à l'objectif à immersion (grossissement x 100).

➤ **Lecture**

L'observation microscopique des frottis nous permet de distinguer deux grandes catégories des bactéries :

- Les bactéries à Gram (+) qui gardent leur coloration violette après décoloration par l'alcool.
- Les bactéries à Gram (-) décolorées par l'alcool sont teintées par la fuchsine et apparaissent roses (**Ferron, 1983 ; Singleton, 2002**).

## 5.4.2. Identification biochimique

### 5.4.2.1. Recherche de la catalase

Ce test vise à différencier les bactéries de la famille des *Micrococaceae* (*Staphylococcus*) catalase (+) de celle des *Streptococaceae* catalase (-). Ce test est appliqué sur toutes les colonies apparaissant sur gélose Chapman (**Amira, 2008**).

➤ **Principe**

La catalase est une enzyme qui permet de décomposer l'eau oxygénée en eau et en oxygène libre qui se dégage sous forme gazeuse selon la réaction suivante :



➤ **Technique**

Nous avons déposé une goutte d'eau oxygénée ( $H_2O_2$ ) sur une lame, et nous avons ajouté un ose de bactéries prélevées à partir du milieu gélosé.

➤ **Lecture**

Le résultat positif se traduit par des effervescences : la formation de bulles dues à un dégagement gazeux immédiat (oxygène) (**Amira, 2008**).

#### 5.4.2.2. Recherche d'oxydase

Ce test est à la base pour l'identification des bactéries à Gram négatif (**Amira, 2008**).

➤ **Principe**

Ce test permet de mettre une enzyme : la phénylédiamine oxydase des bactéries à partir de leur culture en milieu gélosé. Cette enzyme est capable d'oxyder un réactif : le N diméthylparaphénylène diamine qui est incolore et en présence de l'enzyme, il libère un composé rose-rouge, noircissant à l'air.

Réactif incolore ——— phénylènediamine oxydase ——— composé violet

➤ **Technique**

On peut se trouver le réactif sous deux formes :

- Soit en solution : sur une lame de verre, déposer un carré de papier filtre et l'imbiber d'une solution fraîchement préparée de réactif.
- Soit sous la forme d'un disque pré-imprégné par le réactif.

Dans les deux cas, écraser avec une effilure de pipette Pasteur une colonie de germes à étudier sur ce papier (**Amira, 2008**).

➤ **Lecture**

Le résultat positif se traduit par une tache violette : le substrat a été oxydé (**Amira, 2008**).

### **5.4.2.3 Les galeries biochimiques**

L'identification biochimique des bactéries isolées a été réalisée par l'utilisation des galeries Api qui sont des systèmes d'identifications biochimiques spécifiques, utilisant des tests biochimiques standardisés et miniaturisés, ainsi qu'une base des données.

Le principe est le même pour tous les galeries (Api20E, Api20NE, Api Staph, Api Strep): La galerie comporte des micro-tubes contenant des substrats sous forme déshydratée et les tests sont inoculés avec une suspension bactérienne.

Les réactions produites pendant la période d'incubation se traduisent par des virages colorés spontanés ou révélés par l'addition des réactifs. La lecture de ces réactions se fait selon le profil numérique à l'aide du catalogue analytique.

# **Chapitre IV**

## **Résultats et discussion**

## 1. Résultats des paramètres physico-chimiques

Les résultats des paramètres physico-chimiques des échantillons étudiés lors des deux mois sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau 3:** Résultats des paramètres physico-chimiques des échantillons étudiés.

	Février				Avril			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Turbidité	0.60	0.83	5.3	1.15	0.55	0.78	0.50	0.83
PH	7.22	7.92	7.43	6.96	7.37	7.85	7.45	7.47
Température	17.7	15.5	12.3	18.6	20	20.9	12.5	22.6
Conductivité	786	750	825	976	703	660	820	966
Salinité	7.63	7.33	9.00	6.87	0.1	0.1	9.4	0.3
TDS	364	340	318	440	369	347	320	454
Ca <sup>2+</sup>	13	14.1	15.7	20	13	14.1	15.3	20
Cl <sup>-</sup>	0.2	0.4	0.4	0.6	0.2	0.4	0.2	0.4
K <sup>+</sup>	0.4	0.8	1	0.4	0.3	0.8	1.2	0.4
Na <sup>+</sup>	19.5	19	29	9.5	19	19	35	10
NH <sup>4+</sup>	00	00	00	00	00	00	00	00
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	3.42	5.49	10.5	12.40	3.40	5.22	10	12.2
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	69	97.5	88	51.5	68.7	98	89	51
Fe <sup>2+</sup>	0.01	00	00	0.01	0.02	00	00	0.01
Mg <sup>2+</sup>	28.67	14.09	8.74	12.63	26.43	14.09	10.23	10.76

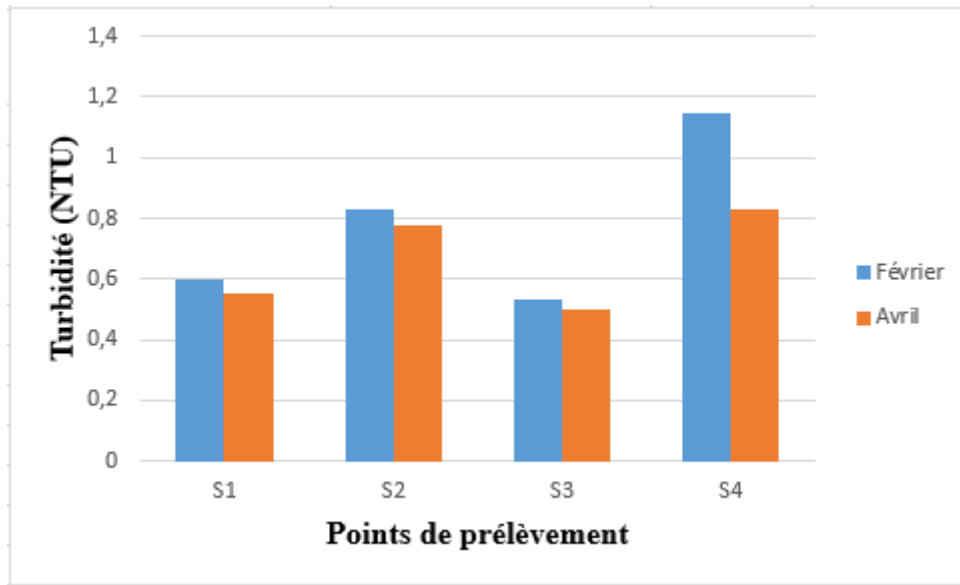
### 1.1. Les paramètres physico-chimiques

#### 1.1.1. Turbidité

Dans les eaux naturelles la turbidité est causée par la présence des particules en suspension notamment colloïdales :(argiles, limons, grains de silice et les microorganismes) (**Rodier, 2009**).

La valeur minimale de la turbidité (0.50 NTU) a été enregistrée pour la source S3 durant le mois d'Avril, et la valeur maximale est (1.15 NTU) pour la source S4 durant le mois de Février. Les valeurs enregistrées durant le mois de Février sont (0.60 NTU- 0.83 NTU) pour les sources S1 et S2 respectivement ( **Fig .07** ), ces résultats sont inférieurs à la norme algérienne.

Les valeurs de la turbidité enregistrée des sources (S1, S2, S3) sont conformes aux normes



**Figure 7:** Variation de la Turbidité des échantillons étudiés.

exigées par l'OMS pour les eaux destinées à la consommation humaine (1 NTU), par contre la valeur de S4 est supérieure à la norme durant le mois d'Avril. Nos résultats sont en accord avec ceux obtenus par **Gueroui en 2015**.

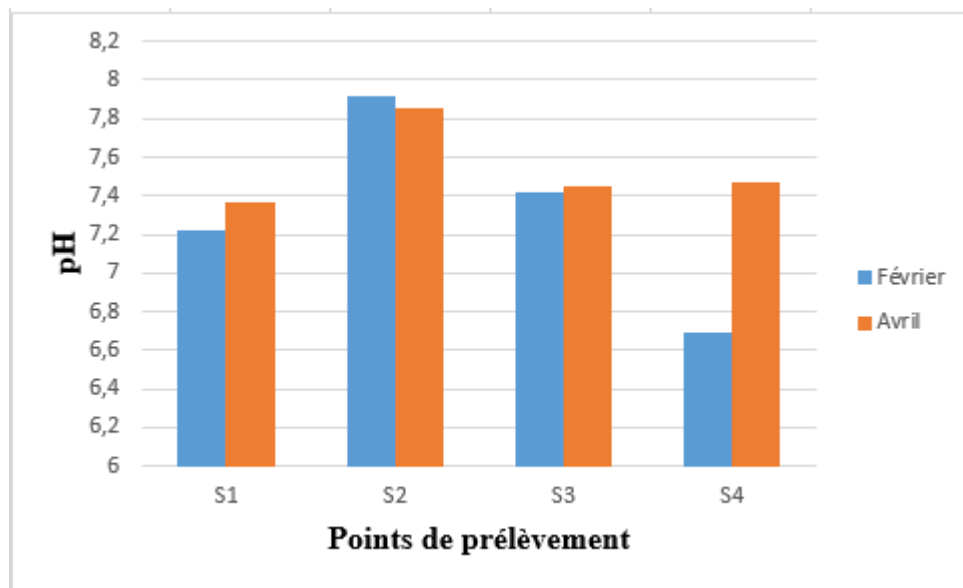
### 1.1.2. pH

Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés. Il donne une indication sur l'acidité ou l'alcalinité d'une eau. Du point de vue sanitaire, un pH élevé peut provoquer un problème de corrosion alors qu'un pH faible peut modifier le goût de l'eau (**Aouissi, 2010**).

Les valeurs observées révèlent que le pH est autour de la neutralité dans toutes les sources lors des deux prélèvements. Le pH enregistré durant notre période d'étude varie entre (7.37et7.85) pour les sources S1 et S2 respectivement durant le mois d'Avril et entre (6.96et7.92) pour les sources S4 et S2 respectivement durant le mois de Février (**Fig .08**).



Les analyses effectuées montrent que les valeurs de pH de l'ensemble des échantillons sont conformes aux normes admises par L'OMS.



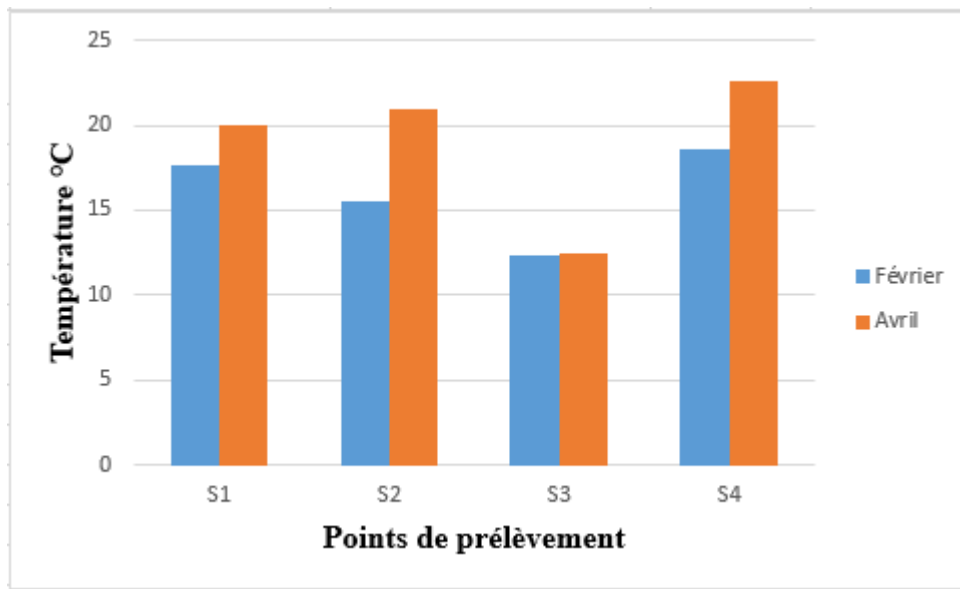
**Figure 8:** Variation du pH des échantillons étudiés.

### 1.1.3. Température

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision, en effet, celle-ci joue un rôle important dans l'augmentation de l'activité chimique des bactéries et dans l'évaporation des eaux (**Rodier, 1987**). Elle varie en fonction de la température extérieure (l'air), des saisons, de la nature géologique et de la profondeur du niveau d'eau par rapport à la surface du sol (**Dib, 2009**).

L'analyse in situ de la température, durant les deux mois de Février et d'Avril nous a permis d'enregistrer une valeur maximale de 22.6°C durant le mois d'Avril pour la source S4 et 20.9°C durant le même mois dans la source S2 et une valeur minimale de 12.5°C durant le mois de Février dans la source S1 (**Fig.09**).

Les valeurs de température enregistrées sont inférieures à la norme (25°C) exigée par **J.O.R.A 2011** (voir annexe).



**Figure 9:** Variation de la Température des échantillons étudiés.

#### 1.1.4. Conductivité

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes, elle permet d'apprécier la qualité des sels dissous dans l'eau et nous renseigne également sur les degrés de minéralisation de l'eau (**Guentri et Rahmania , 2015**).

La conductivité électrique varie entre une valeur minimale de 660 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) pour S2 et une valeur maximale de 976 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) pour S4 durant le mois de Février et varie entre (703  $\mu\text{S}/\text{cm}$  pour S1 et 820  $\mu\text{S}/\text{cm}$  pour S3) durant le mois d'Avril (**Fig.10**).

La mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement la minéralisation globale (**Sayad, 2008**). Cette variation de la conductivité indique qu'il y a une minéralisation importante, l'accroissement de la conductivité peut être dû au rejet de sels suite aux activités agricoles (**Bensaci, 2007 ; Amira, 2008**).

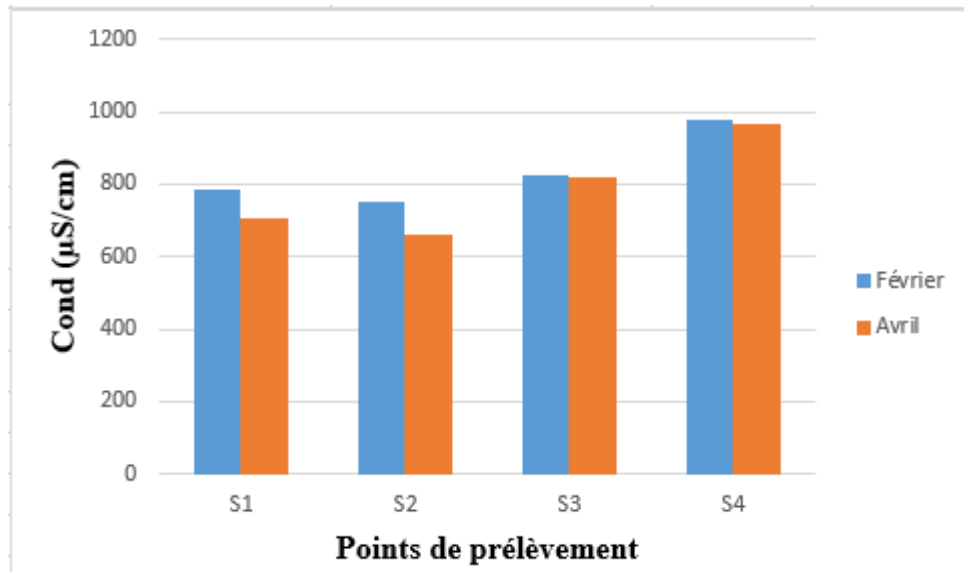


Figure 10: Variation de la conductivité des échantillons étudiés.

### 1.1.5. Salinité

La salinité est un facteur écologique propre aux biotopes aquatiques (mais aussi aux sols) qui caractérise leur teneur en sel (NaCl) et autres sels dissous dans les eaux (Abda, 2015).

Les valeurs de la salinité des eaux des quatre sources varient entre 0.1et 9.4mg/l ; la valeur maximale a été enregistrée dans la source S3 (9.4mg/l) et la valeur minimale enregistrée est de 0.1mg/l dans la source S1 et la source S2 durant le mois d'Avril (Fig.11).

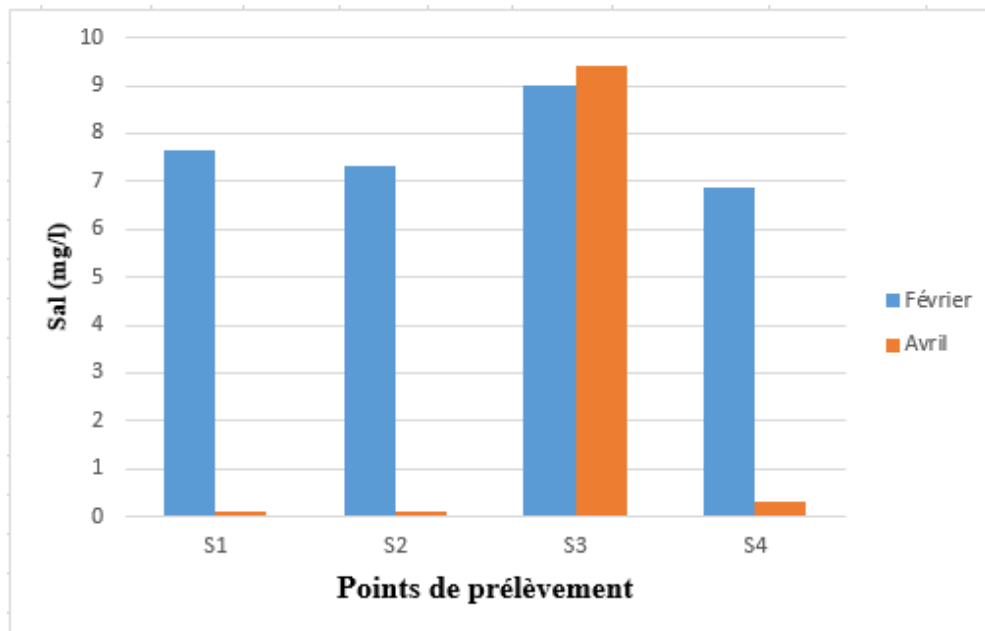


Figure 11: Variation de la salinité des échantillons étudiés.

### 1.1.6. TDS

Les solides dissous sont principalement constitués de substances inorganiques dissoutes dans l'eau. La minéralisation total ou TDS est la somme de tous les éléments contenus dans l'eau, elle correspond globalement équivalente à la somme des cations et anions dans l'eau (Abda, 2015).

Les teneurs enregistrées pour le TDS durant le mois de février l varie entre une valeur minimale de 262mg/l pour S3 et une valeur maximale 440mg/l pour S4, et varie entre (320mg/l et 454mg/l) durant le mois d'avril pour les sources S4 et S3 respectivement (Fig.12).

Les valeurs de TDS sont conformes à la norme fixée par l'OMS qui est de 600mg/l, et (Chibani, 2009) .

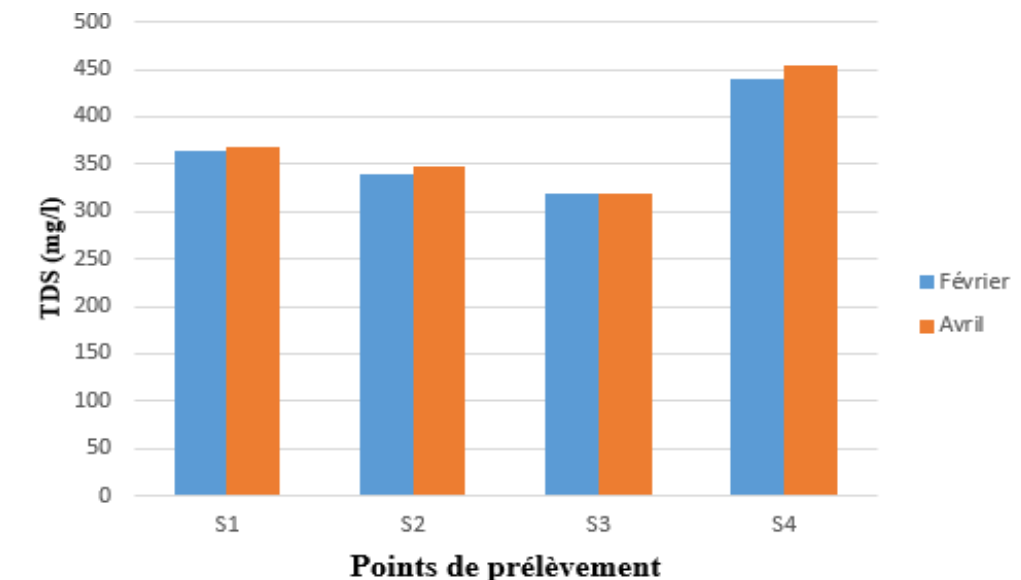


Figure 12: Variation de la TDS des échantillons étudiés

### 1.1.7. Ca<sup>2+</sup>

Le calcium est le composant principal de la dureté de l'eau. Son contenu est lié directement à la nature géologique des terrains traversés. Sa présence dans l'eau est liée principalement à deux causes naturelles : la dissolution des formations carbonatées CaCO<sub>3</sub>, soit la dissolution des formations gypseuses (CaSO<sub>4</sub>) (Berne et Jean, 1991).

Les résultats des analyses des échantillons étudiés montrent que les concentrations en calcium varient entre (13mg/l et 20 mg/l) pour les sources S1 et S4 respectivement durant les deux prélèvements (Fig.13). Les teneurs de ce paramètre n'excèdent pas la valeur préconisée par L'OMS (200mg/L) et sont inférieurs à ceux obtenus par Ayed en 2016.

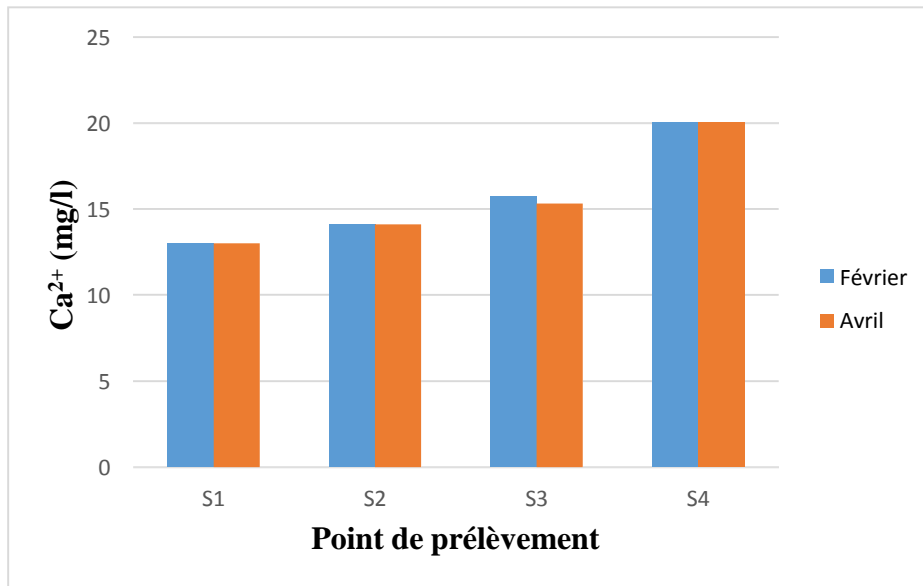


Figure 13: Variation de Ca<sup>2+</sup> des échantillons étudiés.

#### 1.1.8. Cl<sup>-</sup>

Le chlorure est un sel mobile, non toxique. Il est très répandu dans la nature sous forme de sels de sodium (NaCl), de potassium (KCl) et de calcium (CaCl<sub>2</sub>). Au-delà d'une concentration de 200 mg/L de chlorure, des risques peuvent s'apercevoir sur le plan sanitaire (Bougouzi, 2000).

Durant les deux prélèvements, la valeur minimale enregistrée est 0,2 mg/l pour S1 et d'autres maximales de (0,6) mg/l pour S4.

Ces résultats sont inférieurs à la norme fixée par L'OMS à 250mg/L (Fig.14).

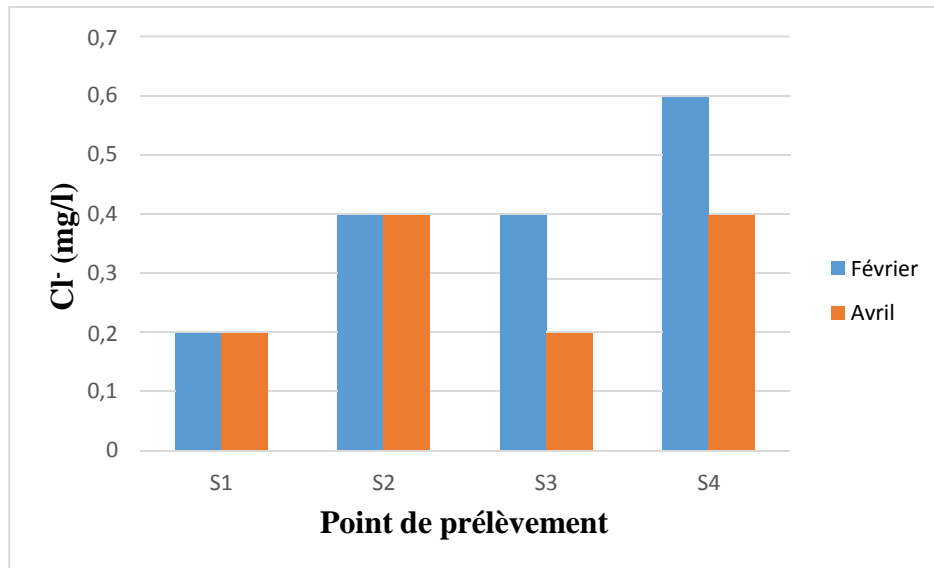


Figure 14: Variation des Cl<sup>-</sup> des échantillons étudiés.

### 1.1.9. K<sup>+</sup>

Le potassium représente un élément naturel des eaux, où sa concentration est à peu près constante et ne dépasse les 10 à 15 mg/l (Potelon et Zysman , 1998).

Lors des deux prélèvements, nous avons remarqué une faible fluctuation des teneurs en potassium et ceci pour ces sources (Fig .15). Les teneurs en potassium varient entre (0,3) mg/l pour S1 et (1,2) mg/l pour S3 respectivement.

Les teneurs en potassium enregistrées sont inférieures à la norme algérienne qui est de 12 mg/l. Donc nos résultats sont en accord avec ceux obtenus par Gueroui en 2015.

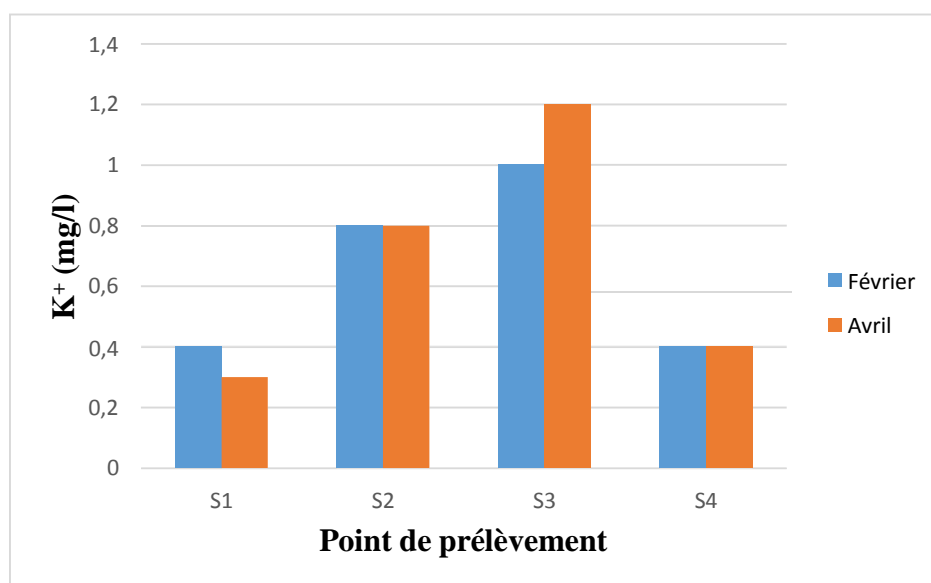


Figure 15: Variation du K<sup>+</sup> des échantillons étudiés.

### 1.1.10. Na<sup>+</sup>

Ce composant est toujours associé à d'autres éléments chimiques (chlorures, sulfates, etc....). L'omniprésence du sodium et la solubilité élevée de ses sels expliquent la présence de cet élément dans la plupart des plans d'eaux (souterraines et de surface) (Potelon et Zysman , 1998).

Les valeurs enregistrées de sodium varient entre (9.5mg/let 19.5mg/l) pour. Les sources S4 et S1 durant le mois de février et entre (10mg/l et 35 mg/l) pour les sources S4 et S3 durant le mois d'Avril (Fig.16) Les teneurs en sodium sont inférieures à la norme algérienne qui est de 200 mg/l.

### 1.1.11 L'ammonium

L'ammonium dans l'eau traduit habituellement un processus de dégradation incomplet de la matière organique. C'est un excellent indicateur de la pollution de l'eau par des rejets organiques d'origine agricoles, domestiques ou industriels (Rodier et al., 2005).

Les teneurs en ammonium enregistrées au cours de la période d'étude sont nulle. Les valeurs restent inférieures à la norme admissible par l'OMS et J.O.R.A, 2011.

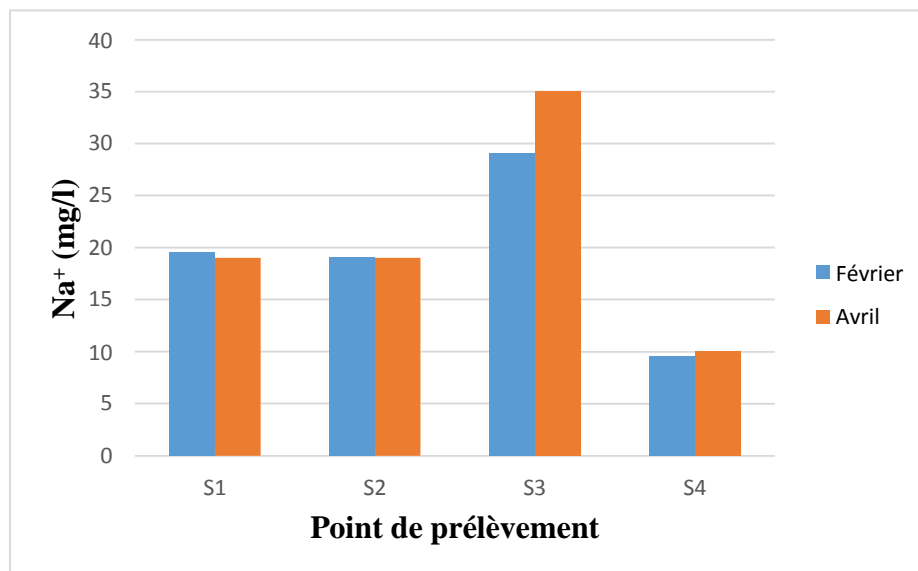
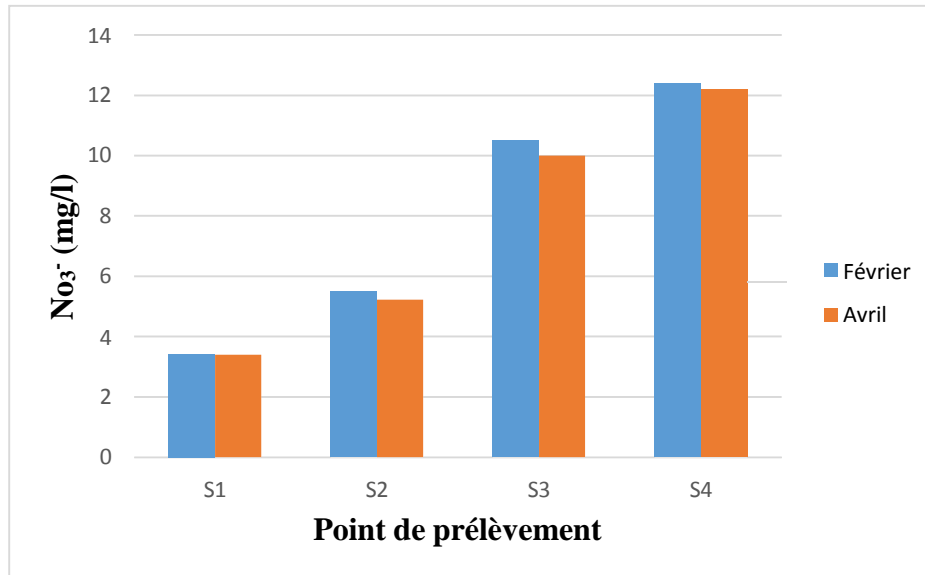


Figure 16: Variation de la concentration de Na<sup>+</sup> des échantillons étudiés.

### 1.1.11. NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

Les ions nitrates représentent la forme la plus oxygénée de l'azote. C'est une Forme très soluble. Sa présence dans les eaux souterraines est liée à l'utilisation intensive des engrais chimique (Savary, 2010).

Lors des deux prélèvements, nous avons remarqué une variation des teneurs en nitrate et ceci pour les 04 sources (**Fig.17**). Les teneurs en nitrate durant le mois d'Avril varient entre (3.40 et 10 mg/l) pour les sources S1 et S3 respectivement et entre (5.49et 12.40mg/l) pour les sources S2 et S4 respectivement durant le mois de Février. Les valeurs obtenues sont inférieures à la valeur admissible (50mg/l) par l'OMS et J.O.R.A, 2011.



**Figure 17:** Variation de la concentration de  $\text{NO}_3^-$  des échantillons étudiés.

### 1.1.12. $\text{SO}_4^{2-}$

Le sulfate, élément chimique composé de soufre et d'oxygène, est présent dans presque toutes les eaux naturelles (**Vilaginès, 2010**).

Les relevés en ces éléments varient entre 51 et 98 mg/l(**Fig.18**), c'est au niveau de la source 2 que le maximum est noté durant le mois d'Avril. Ces valeurs restent inférieures à la concentration maximale fixée par l'OMS qui est de l'ordre de 250mg/l.



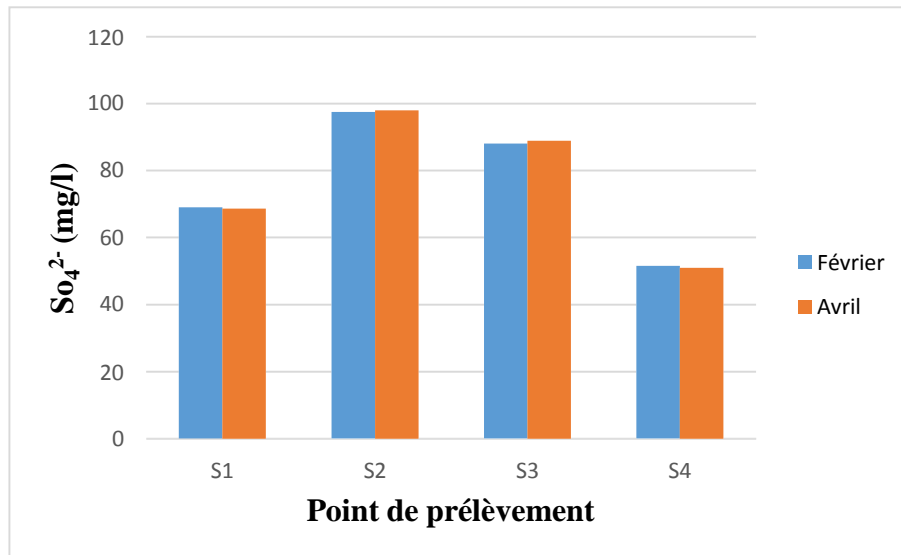


Figure 18: Variation de la concentration de  $SO_4^{2-}$  des échantillons étudiés.

### 1.1.13. $Fe^{2+}$

Le fer est un élément indispensable au fonctionnement du corps humain (synthèse d'hémoglobines du sang), les besoins journaliers sont estimés à environ 10 milligrammes (mg) par jour, selon l'âge et le sexe (Potelon et Zysman , 1998).

Une absence marquée du fer est signalée au niveau des sources 02 et 03 d'eau échantillonnée, les valeurs des sources 1 et 4 où des concentrations respectives de 0,02et 0,01 mg/L sont enregistrées (Fig.19). Les concentrations sont inférieures à la norme recommandée par l'OMS et J.O.R.A, 2011 (0,3mg/l).

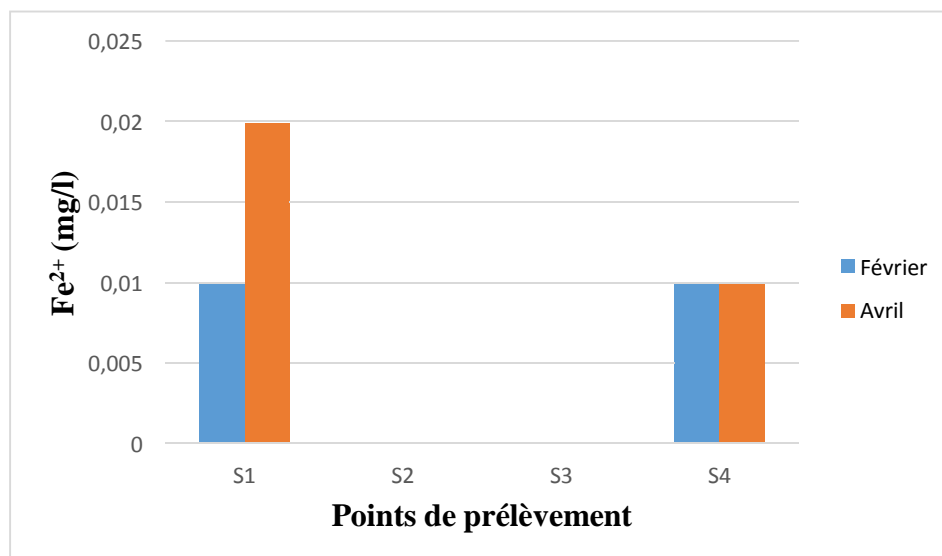


Figure 19: Variation de la concentration de  $Fe^{2+}$  des échantillons étudiés.

### 1.1.13. Mg<sup>2+</sup>

Le magnésium fait partie intégrante de la dureté de l'eau, sa teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrées l'un des éléments les plus communs dans la nature et donne à l'eau un goût désagréable (Rodier et al., 2009).

Nous avons remarqué que la variation des teneurs en magnésium est faible entre les quatre sources (Fig.20). La valeur minimale enregistrée est 8,74mg/L pour la source 3 et la valeur maximale est 28,67mg/L pour la source 1 durant le mois de février et varie entre (10,23 mg/l et 26,43mg/l) durant le mois d'avril pour les sources S3 et S1 respectivement. Les concentrations de magnésium dans les quatres sources sont conformes à la norme algérienne OMS fixée à 50 mg/l et sont en accord avec ceux obtenus par Gueroui en 2015.

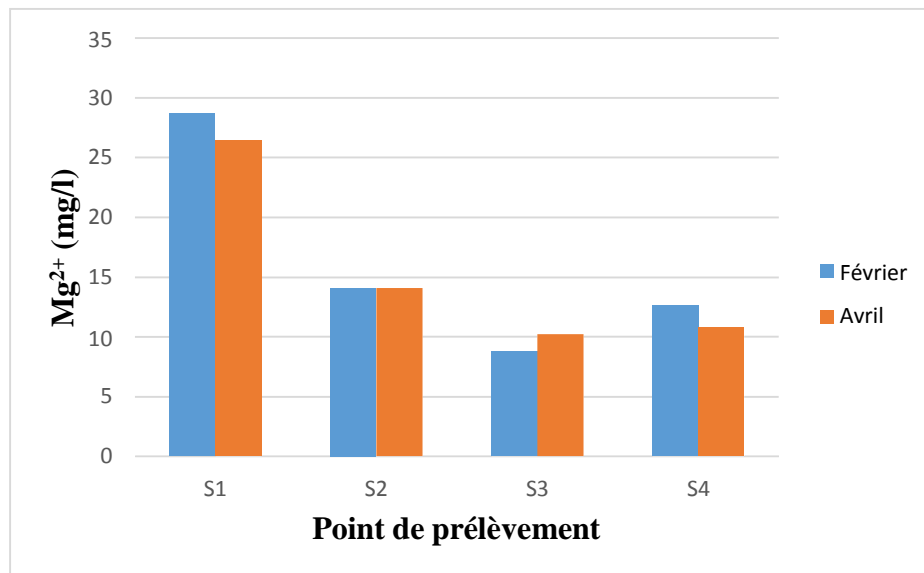


Figure 20: Variation du Mg<sup>2+</sup> des échantillons étudiés.

## 1.2. Résultats des analyses bactériologiques

### 1.2.1. Résultats de dénombrement

#### 1.2.1.1. Résultats des GT

Le dénombrement des GT a pour objectif d'apprécier quantitativement la charge microbienne existante dans l'eau (Jean, 2008).

Pour les GT à 37 °C dans le mois d'Avril, on a remarqué que tous les échantillons prélevés ont des teneurs qui sont conformes à la limite fixée par l'OMS et JORA, 2011(voir l'annexe 2) ;

avec une valeur maximale dans la source S4 de 15 UFC/ml durant le mois de Février, alors que durant le même mois la valeur minimale est de 4 UFC/ml pour la source S2.

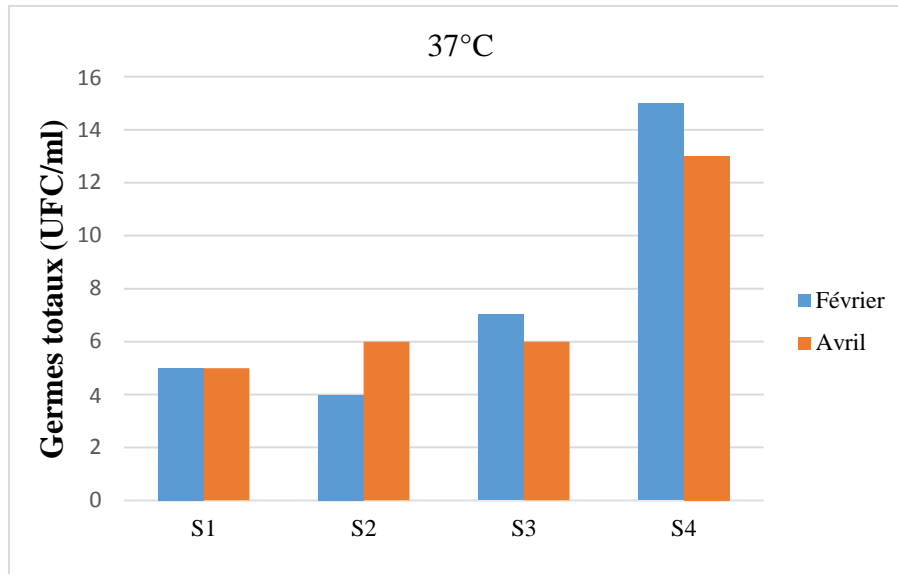


Figure 21: Variation des GT à 37°C des échantillons étudiés.

Pour les GT à 22°C, la valeur la plus élevée a été enregistrée dans le site S3 (12 UFC/ml) pendant le mois de Février et elle reste conforme à la norme fixée par l'OMS (100 UFC/ml) (JORA, 2011., OMS, 2011), la valeur minimale (2UFC/ml) est notée dans le site 01 pendant le mois d'Avril.

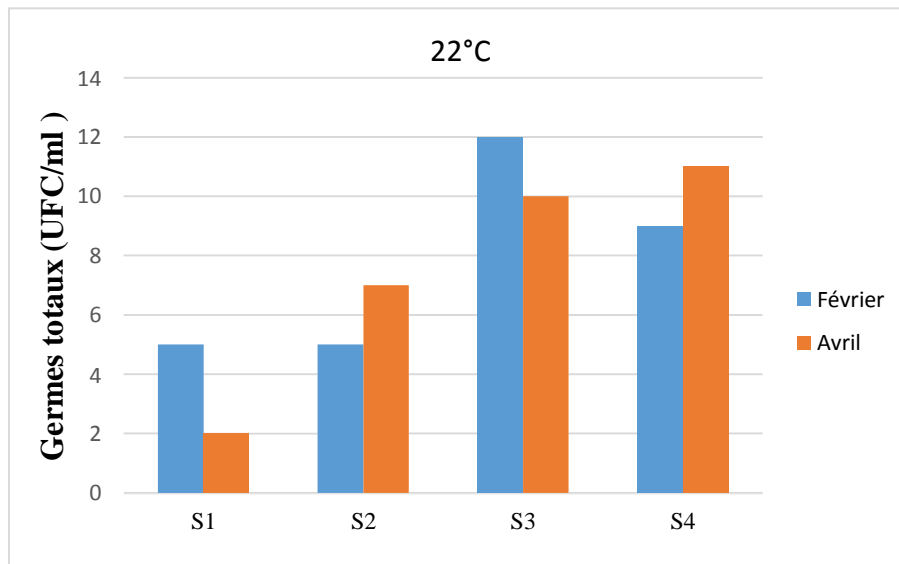


Figure 22: Variation des GT à 22°C de l'eau des échantillons étudiés.

### 1.2.1.2. Résultats des CT et CF

- Résultats des CT

Les coliformes totaux et fécaux sont considérés comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une contamination d'origine fécale (Leyral et al., 2002).

Les résultats obtenus durant les deux prélèvements montrent que seulement les valeurs enregistrées dans les sites S1 et S2 pendant le mois de Février dépassent légèrement la valeur établie par l'OMS et la réglementation algérienne qui est 10 CT/100ml (JORA, 2011 ; OMS, 2011) (Fig.23). La présence des coliformes dans nos échantillons peut être due aux activités humaines.

• Résultats des CF

La présence de coliformes fécaux (*Escherichia coli*) dans l'eau met en évidence une pollution d'origine fécale, humaine ou animale. Toute eau contenant ces bactéries ne doit pas

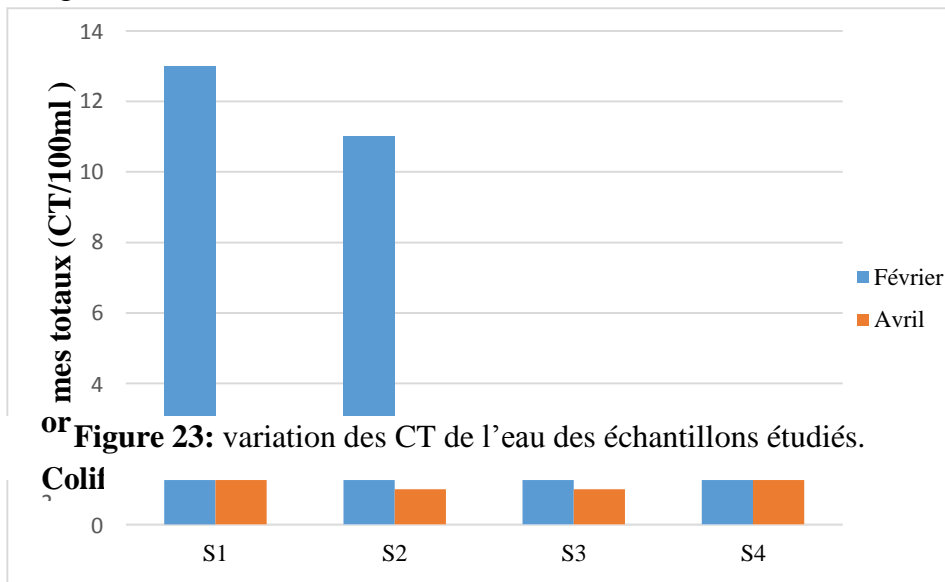


Figure 23: variation des CT de l'eau des échantillons étudiés.

être consommée. *Escherichia coli* est le coliforme le mieux représenté dans les matières fécales, sa recherche est donc extrêmement importante.

La figure 24 illustre les résultats des CF dans les différents échantillons. Les valeurs obtenues durant toute la période d'étude dépassent la norme de la réglementation algérienne (JORA, 2017) et celle de l'OMS(0CF/100ml) pour les quatre sources S1, S2, S3 et S4, avec

une valeur maximale enregistrée dans S4 et S3 (5CF/100ml) pendant le mois de Février, et une valeur minimale (1 CF/100ml) pour S2 durant le mois d'Avril.

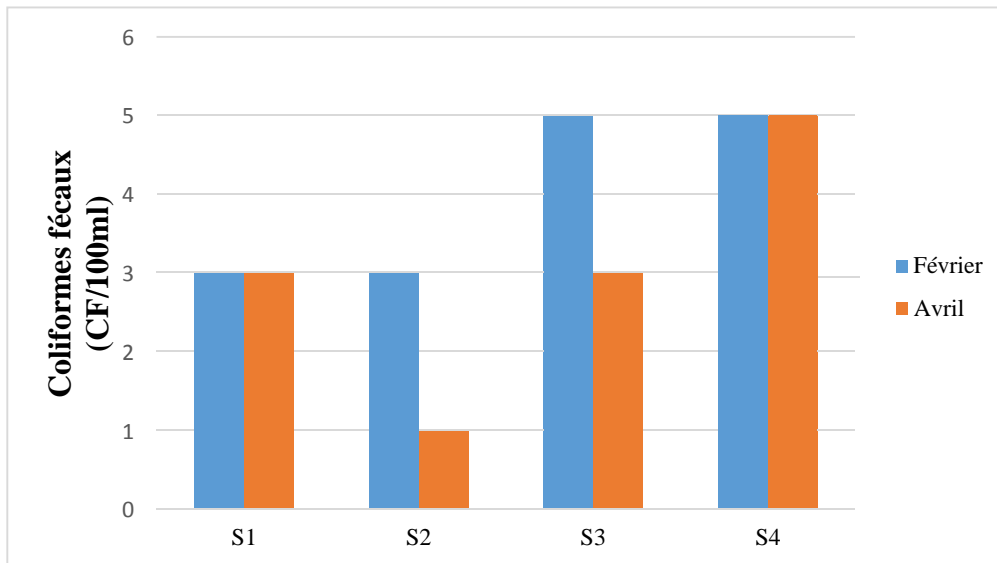


Figure 24: Variation des CF des échantillons étudiés.

### 1.2.1.3. Résultats des SF

Les streptocoques sont associés aux coliformes fécaux, ils sont considérés comme un bon indicateur de contamination fécale des eaux, aussi utilisés comme indicateurs d'efficacité de traitement, car ils sont nettement plus résistants dans le milieu extérieur, que les coliformes et autres entérobactéries pathogènes (Leyral et al., 2002).

Le nombre des SF dépasse la norme de la réglementation algérienne (JORA, 2017) et de l'OMS (0 SF/100ml) pour les quatre sources S1, S2, S3 et S4 durant les deux mois de Février et Avril avec une valeur stable de (1SF/100ml) (Fig.25).

Ces résultats obtenus de dénombrement de groupe D montrent une absence totale de ces genres dans les quatre sources.

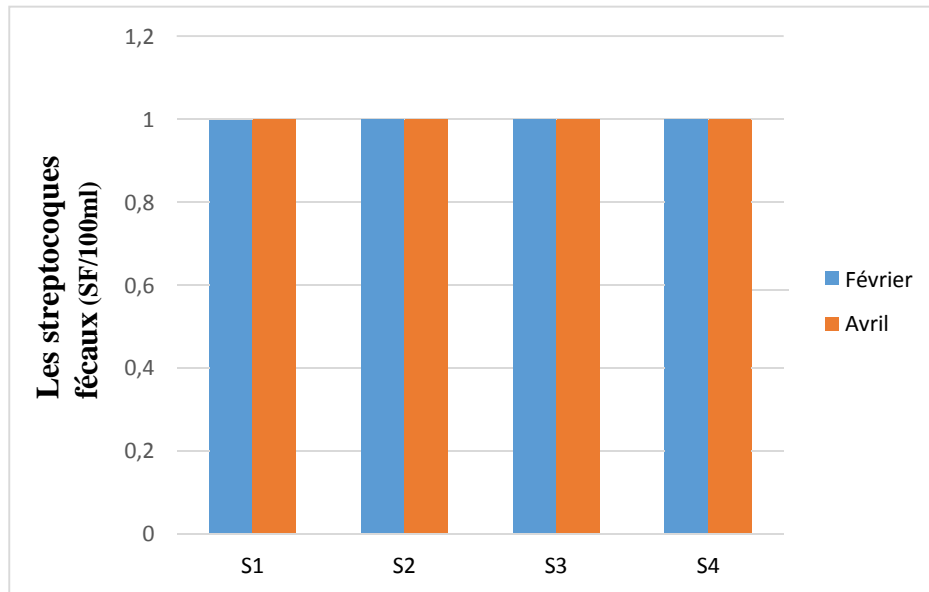


Figure 25: Variation des SF des échantillons étudiés.

#### 1.2.1.4. Résultat des ASR

Les ASR sont des bactéries d'origine fécale, elles sont des germes capables de se sporuler et de se maintenir longtemps dans l'eau. Elles sont donc les témoins d'une pollution ancienne (Rejsek, 2002). Ils sont plus difficilement tués par les désinfectants, c'est pour cela constituent un bon indicateur de l'efficacité de la désinfection (Hamed et al., 2012).

La recherche de ces formes de résistance durant notre étude montre une absence totale de ces germes dans les quatre sources étudiées, ces résultats sont conformes à la norme exigée par l'OMS (2011) (0 Spores/20ml).

#### 1.2.2. Résultats de l'identification biochimique

##### 1.2.2.1. Résultats de l'examen macroscopique

Les caractères culturaux des bactéries isolées sur différents milieux de culture utilisés sont présentés dans le tableau (Tab.04).

• Prélèvement 1

**Tableau 4:** Caractères cultureux des souches isolées.

	<b>GNAB</b>	<b>Mac conkey</b>	<b>Chapman</b>	<b>Cétrimide</b>
<b>S1</b>	- des colonies moyennes - couleurs vertes - contours Irréguliers - colonies lisses	/	/	/
<b>S2</b>	- des colonies moyennes et petites - couleurs vertes - contours réguliers - colonies lisses	/	-des petites colonies -couleurs blanches -contours réguliers -colonies rigoureuses	/
<b>S3</b>	/	/	/	/
<b>S4</b>	/	/	/	/

• **Prélèvement 2**

	<b>GNAB</b>	<b>Mac conkey</b>	<b>Chapman</b>	<b>Cétrimide</b>
<b>S1</b>	-des colonies petites/moyennes  - couleurs vertes  - contours réguliers  - colonies lisses	-des colonies petites/moyennes/gr andes  -couleurs blanches  -contours irréguliers  - colonies lisses	-des colonies petites/moyennes  - couleurs blanches  - contours réguliers  - colonies lisses	-des colonies grandes  -couleurs vertes  -contours irréguliers  -colonies lisses
<b>S2</b>	-des colonies moyennes / petites  - couleurs vertes  -contours réguliers  -colonies lisses	- des colonies moyennes / petites  - couleurs blanches  - contours réguliers  - colonies lisses	-des petites colonies  -couleurs blanches  -contours réguliers  - colonies rigoureuses	- des colonies moyennes  - couleurs vertes  -contours réguliers  -colonies lisses
<b>S3</b>	-des colonies moyennes / petites  - couleurs vertes  -contours réguliers  -colonies rigoureuses	- des colonies moyennes  - couleurs blanches  -contours irréguliers  - colonies lisses	/	- des colonies moyennes / petites  - couleurs vertes  - contours réguliers  -colonies lisses
<b>S4</b>	- des colonies moyennes  - couleurs vertes  -contours irréguliers  - colonies lisses	- des colonies moyennes / petites  - couleurs blanches  - contours réguliers  - colonies lisses	/	-des colonies moyennes  - couleurs vertes  -contours Irréguliers/irrégulies  - colonies lisses

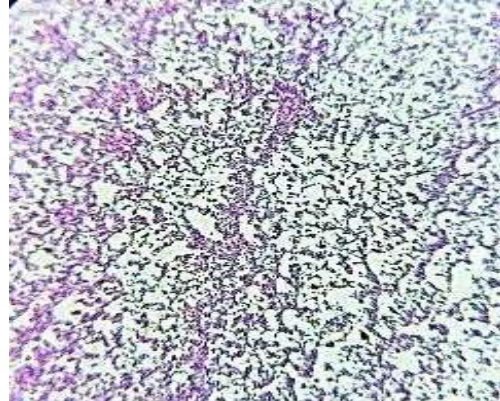


### 1.2.2.2. Résultats de la coloration de Gram)

L'examen microscopique après coloration de Gram, nous a permis d'observer des bacilles à Gram négatif, bacilles à Gram positif et des cocci à Gram positif.



**Figure 27:** Bacilles à Gram négatif (prise personnelle).

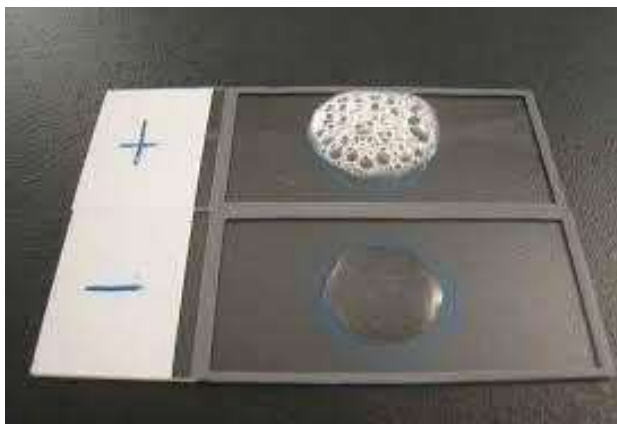


**Figure 26:** Cocci à Gram positif (Prise personnelle).

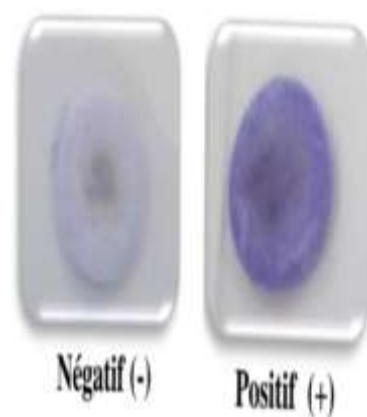
### 1.2.2.3. Résultats des tests biochimiques

- **Test oxydase et catalase**

Les résultats obtenus des tests oxydase et catalase sont présentés dans les figures ci-dessous.



**Figure 29:** test catalase.



**Figure 28:** test oxydase.

- **Résultats des galeries biochimiques**

Les résultats de l'identification biochimique des bactéries isolées sont présentés dans le tableau 05.

**Tableau 5:** Les différentes espèces bactériennes identifiées.

	<b>P1</b>	<b>P2</b>
<b>S 01</b>	/	- <i>Kocuria kristine</i> . - <i>Enterococcus faecium</i> .
<b>S 02</b>	- <i>Aerococcus viridans</i> .	- <i>Staphylococcus xylosus</i> .
<b>S 03</b>	- <i>Brevibacillus choshinensis/centrosporus/brevis</i> . - <i>Staphylococcus auricularis</i> .	- <i>Staphylococcus xylosus</i> .
<b>S 04</b>	- <i>Staphylococcus auricularis</i> . - <i>Pseudomonas aeruginosa</i> . - <i>Aerococcus viridans 2</i> .	- <i>Enterococcus faecium</i> . - <i>Kocuria kristinae</i> .

# **Conclusion**

### Conclusion

En Algérie, la principale source de satisfaction de la demande en eau est l'eau souterraine, du fait de son exploitation relativement facile. La croissance démographique et la modernisation de l'agriculture entraînent un problème énorme de détérioration de la qualité de cette source souterraine, souvent existante en quantité limitée.

Notre travail consiste à étudier la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de quatre sources situées dans la région de Guelma : Ain el ghoul, Ain Baida, Ain El Ragba, Ain El Labba.

Les résultats obtenus des analyses physico-chimiques des quatre sources étudiées sont conformes aux normes recommandées par l'OMS et J.O.R.A. Ces résultats confirment que ces eaux sont de bonne qualité physico-chimique.

Les résultats du dénombrement bactérien montrent que les valeurs enregistrées des CT, CF et des SF dépassent les normes exigées par l'OMS et le J.O.R.A. Une absence totale des ASR a été enregistrée durant notre étude. Les résultats de l'identification bactérienne montrent une présence de quelques espèces pathogènes telles que : *Aerococcus viridans*, *Staphylococcus xylosus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterococcus faecium* et *Kocuria kristine*. Ces résultats montrent que ces eaux sont impropres à la consommation humaine.

Cela revient à la pollution qui touche les eaux souterraines, les causes de cette pollution sont multiples :

- La mauvaise protection des sources.
- Le non application des mesures d'hygiène élémentaires.
- La mauvaise évacuation des eaux usées.

A la lumière de ces résultats, les ressources en eau exploitées de la nappe alluviale de la région de Guelma à travers les sources concernées par notre étude se montrent menacées par la pollution engendrée par le développement urbain et agricole, notamment, les eaux usées des agglomérations avoisinantes qui ne disposent pas de système d'assainissement, des ordures ménagères, du réseau routier et des activités agricoles.

Pour bien améliorer la qualité des eaux de source, nous recommandons les solutions suivantes :

- L'application des mesures d'hygiène élémentaires.

- Contrôle permanent de la qualité des sources par les autorités en charge
- Sensibiliser les gens aux dangers de la consommation directe des eaux non traitées
- élaborer les normes nationales de la qualité des eaux buvables.

# **Références Bibliographiques**

### Références bibliographiques

**Abda, A., 2015.** Traitement des eaux de surface et les risques gènotoxiques des sous-produits de chloration. Thèse doctorat. Dans: Guelma: Université 08 Mai 1945, p. 130.

**Alouane, H., 2012.** Evaluation des teneurs en nitrates dans les sols et dans les eaux captées et émergentes en zones à vocation agricole ; Impact des nitrates sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine, Mémoire de Magister, Gestion des déchets. : Évaluation et Solutions Environnementales, Université Mentouri Constantine, p. 49.

**Amira, W., 2008.** Degré de contamination de l'eau de la mare Redjla (Taher) par les nitrates :Détermination de la qualité physicochimique et microbiologique de l'eau. Mémoire de magister, Université de Jijel, p. 103.

**Aouissi, A., 2010.** Microbiologie et physico-chimie de l'eau des puits et des sources de la région de Guelma (Nord-Est de l'Algérie). Mémoire de magister en Hydro-écologie, Université de Guelma., p. 141.

**Archibald, F., 2000.** The presence of coliform bacteria in Canadian pulp and paper mill water systems- a cause for concern. Water QualRes J, Canada, pp. 1-22.

**Ayad, W., 2016.** evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région d'el-harrouch (wilaya de skikda). Thèse de doctorat,université badji mokhtar, annaba, algérie..

**Bensaci, T., 2007.** Détermination de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de surface : cas du barrage Timgad (W. de Batna) et la retenue collinaire d'Ourkis (D'Oum El Bouaghi). Mémoire de Magister, Centre universitaire Larbi Ben M'hidi d'Oum El Bouaghi, p. 81.

**Berne, F. et Jean, C., 1991.** Traitement des eaux: Épuration des eaux résiduaires de raffinage. conditionnement des eaux de réfrigération, Édition TECHNIP, Paris, p. 306.

**Bordet, j., 2007.** L'eau dans son environnement rural. 1er Ed Johanet, Paris. ISBN: 978-2-9000-86-71-1, pp. 53-174.

**Boubidi, W., 2007.** Traitement et critère de potabilité de l'eau (les normes). Mémoire d'ingénieur d'état, Université 08 Mai 1945,Guelma, p. 88.

**Bougouizi, M., 2000.** L'eau de la pénurie aux maladies. , Edition ibn khaldoun, p. 247.

- Brasilia, 2013.** Manuel pratique d'analyse de l'eau. , 4 ème édition, pp. 54-57-63.
- Camille, D., 2003.** Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux. Réglementation, prélèvements, analyses .Lavoisier : Tec et Doc, France, p. 156.
- Carbonelle, D., Kouyoumdjian , S. et Audurier, A., 1988.** Bactériologie médicale techniques usuelles. Med.Mal.Inf, France, p. 251.
- CEAEQ, 2000.** Recherche et dénombrement des coliformes totaux ; méthode par filtration.sur membrane,. Centre d'expertise en analyse environnementale, Gouvernement du Québec, p. 25.
- Chapman, D., 1996.** Water Quality Assessments. A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring. Chapman et Hall, London.
- Chibani, S., 2009.** Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de surface et souterraine de la région de Ain Makhoulf (Wilaya de Guelma). Mémoire de Magister, UNIVERSITE 08 Mai 1945,GUELMA, p. 83.
- Debabza, 2005.** Mémoire de Magister en Microbiologie appliquée : Analyse microbiologique des eaux des plages de la ville d'Annaba Evaluation de la résistance aux antibiotiques des microorganismes pathogènes. Université des sciences de Badji-Mokhtar, Annaba(Algérie).
- Degremont, G., 2005.** Mémento technique de l'eau. Tome 1, 10ème édition : Tec et doc, p. 38.
- Djidjel et Djorfi .,1992.** Contribution à l'étude hydrogéologique et hydrochimique de la plaine de Tamlouka. Mémoire d'ingénieur, Université d'Annaba, Algérie. 149p.
- Dib I., 2009.** L'impact de l'activité agricole et urbaine sur la qualité des eaux souterraines de la plaine de Gadaine- Ain Yaghout (Est Algérien), Mémoire de magister en hydraulique, construction hydro-technique et environnement, faculté des sciences de l'ingénieur, département d'hydraulique, Université Hadj Lakhdar, Batna, p. 127.
- Diop, C., 2006.** Etude de la qualité microbiologique des eaux de boisson conditionnées en sachet Et vendues sur la voie publique dans la région de Dakar. mémoire de diplôme d'études Approfondies de productions animales, université cheikh anta diop de Dakar., p. 40.
- Edberg, S., Rice, E., Karlin, R. & Allen, M., 2000.** Escherichia coli : the best biological drinking water indicator for public health protection. Journal of Applied Microbiology, 88 :106S-116S.



**Eden, R., 2014.** ENTEROBACTERIACEAE. COLIFORMS AND E. COLI , Classical and modern Methods for Detection and Enumeration.

**Edmond, M. et al., 1995.** Vancomycin-resistant Enterococcus faecium bacteremia: risk factors for infection. *clin Infect Dis*, Vol 20, N°5, pp. 1126-1133.

**El Haissoufi, H. et al., 2011.** Pollution des eaux de puits de certains quartiers de la ville de Fès, Maroc., *Rev. Microbiol. Ind. San et Environn*, Vol 5, N°1, pp. 37-68.

**El Morhit M., 2009.** Hydrochimie, éléments traces métalliques et incidences Ecotoxicologiques sur les différentes composantes d'un écosystème estuarien (bas Loukkos) Maroc. Thèse de Doctorat, Faculté des sciences Rabat, 260p.

**Ferron, A., 1983.** Bactériologie médicale à l'usage des étudiants en médecine. 12ème édition, Editions C et R., p. 370.

**François, A., 2008.** L'eau et ses enjeux. , Edition de Boeck,, p. 134.

**Genin, B., Chauvin, C. et Ménard, F., 2003.** Cours d'eau et indices biologiques : pollution méthodes, IBGN. , Educagri éditions.

**Gleeson, C. et Gray , N., 1997.** The coliform index and waterborne disease, problems of microbial drinking water assessment. E et FN Spoon, London., p. 194.

**Guentri, S. et Rahmania , F., 2015.** Contribution à la connaissance de la remontée et la pollution des eaux. , Edition. Universitaires européens, p. 28.

**Gueroui, Y., 2015.** Caractérisation Hydrochimie et Bactériologique des Eaux Souterraines de L'aquifère Superficiel de la Plaine de Tamlouka (Nord-Est Algérien). Thèse doctorat, Université 08 Mai 1945 Guelma, p. 159.

**Habila, S., 2008.** Etude de l'impact du barrage Beni Haroun sur l'environnement : Effets écotoxicologique. Mémoire de magister, Université de Jijel, p. 176.

**Halsay, C. et LELERC, H., 1993.** Microbiologie des Eaux d'Alimentation. Ed Lavoisier Tec et Doc, paris,France.

**Hamed, M., Guettache, A. et Bouamer, L., 2012.** Etude des propriétés physico-chimiques etbactériologiques de l'eau du barrage Djorf-Torba (Bechar). Mémoire d'Ingénieur d'état en Biologie, Université de Bechar, p. 134.

**J.O.R.A, 2011.** Journal Officiel De La République Algérienne Décret Exécutif N° 11- 125 Du 17 Rabie Ethani 1432 Correspondant Au 22 Mars 2011 Relatif, Qualité De L'eau De Consommation Humaine. Imprimerie Officielle, Les Vergers: Bir-Mourad Raïs, Alger, Algérie, pp. 7-25.

**James, J. e. et Joyes, e. J., 2004.** Assessment and Management of Watershed Microbial.

**JEAN, C. B., 1983.** Contrôle des Eaux Douces et de Consommation Humaine. , Edition Ed.Techniques Ingénieur, pp. 2-8.

**Jean, N., 2008.** Bon état des eaux. Toulouse, , pp. 20-23.

**JORA, 2017.** Journal officiel de la république algérienne : Arrêté du 26 Rabie Ethani 1438 correspondant au 25 janvier 2017 portant désignation des membres du conseil.

**ISO 6059 :** Qualité de l'eau - Dosage du calcium et du Magnésium - Méthode titrimétrique à l'EDTA

**ISO 9964-1 :** 1993(fr) Qualité de l'eau - Dosage du sodium et du potassium détermination de la teneur des chlorures.

**ISO 7150-1 :** 1984(fr) Qualité de l'eau - Dosage de l'ammonium

**ISO 6777 :** 1984(fr) Qualité de l'eau - Dosage des nitrites - Méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire

**Norme ISO 6332 :** Détermination du fer.

**ISO 6222 :** 1999 Qualité de l'eau - Dénombrement des micro-organismes revivifiables - Comptage des colonies par ensemencement dans un milieu de culture nutritif gélosé.

**ISO 6058 :** 1984(fr) Qualité de l'eau — Dosage du calcium — Méthode titrimétrique à l'EDTA

**Khiter, F., 2018.** Caractérisation Hydrochimique De Quelques Sources Thermales de La Wilaya De Guelma Nord-Est Algérien. Mémoire de master, Université 08 mai 1945 Guelma.

**Labres, E., 2006.** cours d'hygiène et de microbiologie des eaux.

**Labres E,2002., et Roux,2003.** Cours national d'hygiène et des microbiologies des aliments. Microbiologie des eaux, des boissons et des produits de la mer , Institut Pasteur d'Algérie, p. 34.

**Larpent, 1997.** isolement et purification des germes des bactéries..

**Lebres, E. et Mouffok , F., 2008.** Le cours national d'hygiène et de microbiologie des eaux de boisson, Laboratoires bactériologiques alimentaires et des eaux. Institut Pasteur d'Algérie, Alger, p. 53.

**Lefèvre, D., 1993.** Reminéralisation de la matière organique en milieux hydrologiques particuliers: fronts géostrophiques en Méditerranée et lentilles d'eau méditerranéenne en Atlantique. Aix-Marseille 2.

**Legube, B., 2015.** Production d'eau potable : Filières et procédés de traitement, Dunod.

**Levallois, P., 2003.** Bactéries hétérotrophes aérobies et anaérobies facultatives. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine, groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec, p. 3.

**Leyral G., Ronnefoy C., Guillet F., 2002.** Microbiologie et qualité des industries agroalimentaire, Paris, p. 245.

**Madani, T. A. A., Kabani, A., Orr, P. & Nicolle, L., 1999.** Enterococcal bacteremia in a tertiary care centre in Winnipeg. Canadian Journal of Infectious Diseases, Vol 10, pp. 57-63.

**Madigan, M. et Martinko, J., 2007.** Biologie des microorganismes. 11ème édition, Pearson.éducation, Paris, pp. 918-932.

**Manaceur, R. et Saidjk , k., 2013.** Caractéristiques des paramètres physico chimiques et quantification des nutriments des eaux usées de la STEP Est de la ville de Tizi Ouzou.

**Metahri, M. S., 2012.** Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixte. Cas de la STEP Est de la ville de Tizi Ouzou Thèse doctorat. Université Mouloud Mammeri. Tizi Ouzou.

**OMS, 1994.** Directives de qualité de l'eau de boisson deuxième édition, vol1.Recommandation. Dans: Genève: OMS, pp. 8-30.

**OMS, 2000.** Directives de qualité pour l'eau de boisson. volume 2, critères d'hygiène et documentation à l'appui, 2ème édition, p. 1050.

**OMS, 2002.** Quantification De Certains Risques Majeurs Pour La Santé. Rapport Sur La Santé Dans Le Monde - Réduire Les Risques Et Promouvoir Une Vie Saine. N. Unies.Genève, Organisation mondiale de la Santé, pp. 51-104.

- OMS, 2011.** Directives de qualité de l'eau de boisson Quatrième édition. voll1, Recommandation Genève, p. 541.
- OMS, 2012.** Prévention et lutte contre l'hépatite virale. Organisation mondiale de la Santé, Genève, p. 04.
- Pierre, A. et Docteur Bernard, A. G., 2021.** les maladies liées à l'eau.
- Potelon, J. et Zysman , K., 1998.** Le guide des analyses de l'eau potable. La lettre du cadre territoriale. S.E.P.T Voiron, Cedex, p. 253.
- Ramade, F., 2011.** Introduction à l'écochimie, les substances chimique et l'écosphère a l'Homme. Edition. Lavoisire, Paris, p. 828.
- Reggam, A., 2015.** Contribution à l'étude de la qualité microbiologique et physicochimique de l'eau de l'oued Seybouse. Thèse de doctorat, Université 08 Mai 1945 Guelma, p. 137.
- Rejesek, 2002.** Analyse des eaux ; aspects réglementaires et techniques » ; centre régional de documentaires techniques pédagogique d'aquitaine..
- Rejsek, F., 2002.** Analyse des eaux. Aspects réglementaires et techniques. Sceren, Paris, p. 360.
- Rodier, 1996.** L'analyse De L'eau : Eaux Naturelles, Eaux Résiduaire, Eau De Mer. 6eme Edition :Dunod.
- Rodier, J., 1987.** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaire, eau de merChimie. physico-chimie, bactériologie, biologie. Gime Édition, DUNOD, Paris, p. 134.
- Rodier, J., 2009.** L'analyse de l'eau , Eaux naturelles, Eaux résiduaire, Eau de mer. 9ème édition.
- Rodier, J. et al., 1996.** Analyse de l'eau ,eaux naturelles,eaux résiduaire et eaux de mer, p1383.. 8ème édition, Dunod,, Paris, p. 1383.
- Rodier, J. et al., 2005.** L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaire, eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Ed. Dunod, Paris, p. 1384.
- Rodier, J., Bazin, J., Broutin, P. et Chambon, P., 2003.** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaire, eau de mer :chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Paris: 8eme éd.

**Rodier, J. et al., 2009.** L'analyse de l'eau-9 e éd. Eaux naturelles, eaux.

**Roland, v., 2003.** 2ème édition .Eau, environnement et santé publique. , Édition médicales internationales, pp. 43-138.

**Savary, P., 2010.** Guide des analyses de la qualité de l'eau. 1re Ed : Territal à Bresson..

**Schwartzbrod, L., 2000.** Virus humains et santé publique : conséquences de l'utilisation des eaux usées et des boues en agriculture et conchyliculture. Centre collaborateur OMS pour les micro-organismes dans les eaux usées, Université de Nancy, France, p. 292.

**Singleton, P., 2002.** Bactériologie, pour la médecine, la biologie et les Biotechnologies, 4 ème édition. Dunod, Paris, p. 415.

**Soumare, I., 1997.** Contribution à l'étude de la qualité hygiénique des eaux de boisson vendues sur la voie publique. Th : Méd. vet : Dakar ; 10..

**Vilaginès, R., 2010.** Eau, environnement et santé publique. Edition TEC et DOC , Paris, p. 376.

### Webographie

(1) : le manuel MSD version pour professionnels de la santé. Consulté le : 26-04-2023.

(2) : [http://www.sololiya.fr/.../3\\_les\\_différents\\_types\\_de\\_maladies\\_liées\\_a\\_l'eau](http://www.sololiya.fr/.../3_les_différents_types_de_maladies_liées_a_l'eau). Consulté le : 26-04-2023.

(3) : <http://www.umc.edu.dz/theses/sc-terre/BOU4469.pdf>. Consulté le :24/04/2023.

(4): <http://www.cci-mermoura-dz.com/home/ville>. Consulté : le 20/04/2023.

# **Annexes**

## **Annexe 1**

### **1. Appareillage et verrerie**

- Pipettes graduées de 10 ml
- Pipettes graduées de 1 ml
- Pipettes graduées de 1 ml
- Pipettes graduées de 5 ml
- micropipettes de 1ml
- éprouvette graduée
- Bêchers
- Tubes à essai stériles
- Les boîtes de pétri
- Etuve à 37°C et 44°C
- Bec bunsen
- Bain marie
- Autoclaves
- Réfrigérateur
- Flacons en verre de 250 ml stériles
- Anse de platine
- pinces en bois
- pissete
- Four Pasteur
- Agitateur
- vortex
- Portoirs
- cloches de Durham
- Etuve

## 2. Composition des milieux de culture

- **Recherche des germes totaux TGEA (gélose numération : gélostryptone-glucose-Extrait de levure)**

- Tryptone..... 5g.
- Glucose .....1g.
- Extrait de levure ..... 2.5g.
- Gélose... .....15g.
- Eau distillée..... 1000ml.

pH = 7, autoclavage 20 minutes à 120°C.

- **Recherche des coliformes fécaux Milieu Schubert : La formule de ce milieu de culture en g/l d'eau distillée est**

- Tryptophane ..... 0.2
- Acide glutamique ..... 0.2
- Sulfate de magnésium (anhydre).....0.7
- Sulfate d'ammonium..... 0.4
- Citrate de sodium ..... 0.5
- Chlorure de sodium..... 2
- Peptone..... 10
- Mannitol..... 7.5
- Phosphate disodique..... 4
- Phosphate mono potassique ..... 0.6

pH = 7.6

- **Recherche des coliformes totaux B.C.P.L (bouillon lactose à la bromocresol-pourpre simple et double concentration)**

- |                          | Milieu S/C | Milieu D/C |
|--------------------------|------------|------------|
| - Peptone.....           | 5          | 10         |
| - Extrait de Viande..... | 2          | 4          |
| - Lactose.....           | 5          | 10         |



- Pourpre de bromocrésol.....0,025.....0,05

pH final :  $6,9 \pm 0,2$

• **Recherche des streptocoques fécaux Milieu ROTHE (bouillon glucose d'acide de sodium)** (milieu simple et double concentrations)

	Milieu S/C	Milieu D/C
- Hydrolysate trypsique de caséine.....	12,6...	25,2 g
- Peptone bactériologique.....	8.....	16 g
- Glucose.....	5.....	10 g
- Chlorure de sodium.....	5.....	10 g
- Phosphate dipotassique.....	2,7.....	5,4 g
- Phosphate monopotassique.....	2,7.....	5,4 g
- Azide de sodium.....	0,2.....	0,4 g
- Eau D.....		1000ml

pH final:  $6,8 \pm 0,2$

• **SFB : Bouillon au Sélénite cystéine de Fer**

- Tryptone.....	5 g
- Lactose.....	4 g
- Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> , 12H <sub>2</sub> O.....	10 g
- L-cystine.....	10 mg
- Bisélénite de sodium.....	4 g
- Eau distillée.....	1000 ml

pH (25°C) final =  $7,0 \pm 0,1$

• **Recherche des Clostridium sulfito-réducteurs Milieu Viande foie (VF)**

- Base viande foie.....	30g.
- Glucose.....	2g.
- Amidon.....	2g.
- Agar.....	1g.
- Eau distillée.....	1000ml.

• **Milieu Eva-Litsky**

- 
- 
- Peptone..... 20g.
  - Glucose .....5g.
  - Chlorure de sodium..... 5g.
  - Phosphate bi potassique... ..2.7g.
  - Azosphate de sodium... ..0.3g.
  - Ethyle-vliote..... 5g.
  - Eau distillée..... 1000 ml.

pH = 7 ; autoclavage 20 minutes à 120°C.

- **Milieu de Chapman**

- Peptone..... 10g.
- Extrait de viande de boeuf... ..1g.
- Chlorure de sodium..... 75g.
- Mannitol... .. 10g.
- Rouge de phénol.....0.025g.
- Agar..... 15g.
- Eau distillée..... 1000ml.

pH = 7.5 ; autoclavage à 120°C pendant 20 minutes.

- **Milieu de Mac Conkey**

- Peptone ..... 20,0 g
- Sels biliaires n°3..... 1,0 g
- Cristal violet.....0,001 g
- Lactose ..... 10,0 g
- Rouge neutre.....0,05 g
- Chlorure de sodium ..... 5,0 g
- Agar..... 15,0 g
- Eau distillée ..... 1000ml.

pH = 7,1

• **Milieu gélose nutritive alcaline bilié (GNAB)**

- Bactapeptone..... 10g
- Extrait de viande .....3g
- Chlorure de sodium... 5g
- Agar..... 20g
- Eau distillé.....1000ml

• **Gélose nutritive**

- Peptone..... 5g.
- Extrait de viande ..... 1g.
- Extrait de levure..... 2g.
- Chlorure de sodium... 5g.
- Agar..... 15g.
- Eau distillée..... 1000ml.

pH = 7.4 ; autoclavage à 121°C pendant 15 minutes.

• **Gélose au cétrimide**

- Peptone de gélatine..... 16,0 g
- Peptone de caséine.....10,0 g
- Cétrimide..... 0,2 g
- Acide nalidixique ou pas... 15 mg
- Sulfate de potassium..... 10,0 g
- Chlorure de magnésium.....1,4 g
- Agar... 10,0 g
- Eau distillée..... 1000ml.

pH = 7,1

**3. Colorants**

• **Violet de Gentiane**

- Violet de Gentiane ..... 1g.

- Ethanol à 90% ..... 10 ml.
- Phénol .....2g.
- Eau distillée..... 100 ml.

- **Lugol**

- Iode .....1g.
- Iodure de potassium .....2g.
- Eau distillée..... 300ml.

- **Fushine**

- Fuchine basique.....1g.
- Alcool éthylique..... 100 ml.
- Phénol .....5g.
- Eau distillée..... 100ml.

#### 4. Réactifs

- **Réactif NIT 1**

- Acide sulfanilique .....0,4 g
- Acide acétique..... 30 g
- H<sub>2</sub>O..... 70 ml

- **Réactif NIT 2**

- N,N-diméthyl-1-naphtylamine ..... 0,6 g
- Acide acétique..... 30 g
- H<sub>2</sub>O ..... 70 ml

- **Réactif kowacks : la mise en évidence de la production d'indole**

- Paradiméthylamino-benzaidehyde ..... 5g
- Alcolamylique ..... 75ml
- HCl pur..... 25ml

- **Réactifs de Voges Proskauer (VP) : pour la recherche de l'acétoïne**

- ✓ **VP 1**

- Hydroxyde de potassium..... 40 g
- Eau distillée..... 100 ml

- ✓ **VP 2**

- Alpha naphthol..... 6 g  
 - Ethanol..... 100 ml

## Annexe 2

**Tableau 01:** Référence de qualité des paramètres physico-chimique dans l'eau destinée à la consommation humaine (J.O.R.A 2011 ; O.M.S ,2011).

Paramètres	Unités	Valeurs maximales admissibles	
		(1) Algérie	(3) OMS
T°	C°	25	/
PH	Unité pH	≥6,5et≤9	≥6,5et≤8,5
Turbidité	NTU	5	1
Conductivité	μS/cm à 20°c	2800	/
OD	Mg/l	8	/
TH	Degré français °F	200(Mg/l en Ca Co3)	10
TDS	Mg/l	/	<600
R/S	Mg/l	1500	/
MON	Mg/l	3	/
Calcium	Mg/l en Ca Co3	200	/
salinité	Mg/l	1mg/l	5mg/l
Magnésium	Mg/l de Mg <sup>2+</sup>	150	/
Chlorures	Mg/l	500	250
Sulfate	Mg/l	400	250
Phosphore	Mg/l	5	5
Fer totale	Mg/l	0.3	/
Ammonium	Mg/l	0.5	0.5
Nitrites	Mg/l No <sup>2-</sup>	0.2	3
Nitrates	Mg/l de No <sup>3-</sup>	50	50
Sodium	Mg/l	200	/

**Tableau 02:** Référence de qualité des paramètres Bactériologique dans l'eau destinée à la consommation humaine (O.M.S ,2011).

Paramètres bactériologiques	Unités	Les normes OMS
GT	UFC/ml à 37 °c	100
CT	UFC/100ml	10
CF	UFC/100	0
Streptocoques Fécaux	UFC/100ml	0
ASR	UFC/20ml	0

**Tableau 03 :** Référence de qualité des paramètres Bactériologique dans l'eau destinée à la consommation humaine (J.O.R.A,2017).

Paramètres	Unités	Norme Algérienne (2017)
Germes totaux à 37°C	UFC/ml	/
Germes totaux à 22°C	UFC/ml	/
Coliformes totaux	CT/100ml	0
Coliformes fécaux	CF/100ml	0
Streptocoques fécaux	SF/100ml	/
ASR	Spoires/20ml	0

**Tableau 04:** table de Mac Grady (NPP)

1 X 50 ml	5 X 10 ml	5 X 1 ml	Nombre caractéristique	Limites de confiance	
				Inférieure	Supérieure
0	0	0	<1		
0	0	1	1	<0,5	4
0	0	2	2	<0,5	6
0	1	0	1	<0,5	4
0	1	1	2	<0,5	6
0	1	2	3	<0,5	8
0	2	0	2	<0,5	6
0	2	1	3	<0,5	8
0	2	2	4	<0,5	11
0	3	0	3	<0,5	8
0	3	1	5	<0,5	13
0	4	0	5	<0,5	13
1	0	0	1	<0,5	4
1	0	1	3	<0,5	8
1	0	2	4	<0,5	11
1	0	3	6	<0,5	15
1	1	0	3	<0,5	8
1	1	1	5	<0,5	13
1	1	2	7	1	17
1	1	3	9	2	21
1	2	0	5	<0,5	13
1	2	1	7	1	17
1	2	2	10	3	23
1	2	3	12	3	28
1	3	0	8	2	19
1	3	1	11	3	26
1	3	2	14	4	34
1	3	3	18	5	53
1	3	4	21	6	66
1	4	0	13	4	31
1	4	1	17	5	47
1	4	2	22	7	59
1	4	3	28	9	85
1	4	4	35	12	100
1	4	5	43	15	120
1	5	0	24	8	75
1	5	1	35	12	100
1	5	2	54	18	140
1	5	3	92	27	220
1	5	4	160	39	450
1	5	5	>240		

**Tableau 05 :** Résultats de dénombrement des GT

T C°		S1	S2	S3	S4
37 C°	P1	5	4	7	15
	P2	5	6	6	13

T C°		S1	S2	S3	S4
22 C°	P1	4	5	12	9
	P2	2	7	10	11

**Tableau 06** : Résultats de dénombrement des CT

	S1	S2	S3	S4
P1	13	11	3	3
P2	3	1	1	3

**Tableau 07** : Résultats de dénombrement des CF

	S1	S2	S3	S4
P1	3	3	5	5
P2	3	1	3	5

**Tableau 08** : Résultats de dénombrement des SF

	S1	S2	S3	S4
P1	1	1	1	1
P2	1	1	1	1

**Tableau 09** : Résultats de dénombrement des ASR

	S1	S2	S3	S4
P1	0	0	0	0
P2	0	0	0	0