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**

**N° Réf :……**

# Université El Moudjahid Abdelhafid BOUSSOUF- Mila

**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie**

**Département des Sciences Biologiques et Agricoles**

## Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de

## Master

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

**Filière : Sciences Biologiques**

**Spécialité : Microbiologie Appliquée**

**Thème :**

# Contribution à l'étude de la qualité microbiologique de l'eau de Oued el-Kebir wilaya de Mila


**Présenté par :**

- **BOULATROUS Achour**
- **MESBOUT Belkacem**


**Devant le jury :**

| | | |
|---|---|---|
| **HARRIECHE Ouahiba** | **MAA** | **Présidente** |
| **LALAOUI Meriem** | **MCA** | **Examinatrice** |
| **BOUDRAA Wahiba** | **MCA** | **Promotrice** |

**Année Universitaire : 2025/2026**

# Remerciements

*En premier lieu, nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné la volonté, le courage et la patience pour réaliser ce travail.*

*Tout d'abord Nous tenons à exprimer nos remerciements au Madame le Docteur* **BOUDRAA Wahiba** *Pour son encadrement de grande qualité, pour nous avoir acceptées et accueillis dans le laboratoire des sciences naturelles et des matériaux (LSNM) à* **l'Université Abdelhafid Boussouf- Mila.**

*Nous apprécions son aide inestimable dans la réalisation de ce travail. .*

*Pour ses compétences en microbiologie appliqué , tous les conseils scientifiques et surtout pour sa patience et ses encouragements, Merci d'avoir toujours pris le temps de discuter.*

*Nous remercions très sincèrement les membres du jury d'avoir bien voulu accepter d'évaluer notre travail :*

*madame le Docteur* **HARRIECHE Ouahiba** *de nos avoir fait l'honneur de présider le jury et évaluer ce modeste travail,*

*madame le Docteur* **LALAOUI Meriem** *d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Nos sincères remerciements vont à tous nos enseignants et les responsables de laboratoire du Département de Biologie de l'Université de Mila.*

*Merci à toutes les personnes qui Nous ont aidés de près ou de loin dans la réalisation de ce travail.*

# *Dédicace*

*Je rends grâce à Dieu Tout-Puissant pour m'avoir accordé la force, la patience et le courage nécessaires pour mener à bien ce travail.*

*Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents,* ***Selíman*** *et* ***Khadidja****, qui ont toujours été une source inestimable de soutien, d'encouragement et d'amour. Leur dévouement, leurs sacrifices et leurs prières ont été les fondements de ma réussite. Qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude et de mon immense respect.*

*À ma chère* ***épouse****, pour son soutien indéfectible, sa patience et sa compréhension tout au long de mon parcours.*

*À mes chers enfants,* ***Yaacoub****,* ***Qoussay*** *et* ***Oumnia****, qui illuminent ma vie et constituent ma plus grande source de motivation.*

*À toute ma grande famille, ainsi qu'à mes frères et sœurs, hommes et femmes, pour leur affection, leurs encouragements et leur présence à mes côtés dans les moments les plus importants.*

*Enfin, à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail. Je leur adresse mes sincères remerciements et leur dédie ce mémoire avec toute mon affection et ma reconnaissance.*

*BELKACEM. M*

# Dédicace

*Avant toute chose, je remercie Allah le Tout-Puissant pour m'avoir accordé la santé, la force, la patience et la détermination nécessaires à l'accomplissement de ce travail. Je dédie ma plus profonde gratitude à mes chers parents, qui ont toujours cru en moi et m'ont accompagné tout au long de mon parcours.*

*Leur amour, leurs sacrifices, leurs encouragements constants et leur soutien indéfectible ont été ma principale source de motivation. Sans eux, je n'aurais jamais pu atteindre cette étape importante de ma vie. Que ce travail soit pour eux un témoignage de ma reconnaissance et de mon immense respect. Je tiens également à remercier toutes les personnes qui m'ont apporté leur aide, leurs conseils ou leurs encouragements, de près ou de loin, durant la réalisation de ce mémoire.*

*Ce mémoire est l'aboutissement d'années d'efforts, de persévérance et de travail acharné. Les obstacles rencontrés en chemin n'ont fait que renforcer ma volonté d'avancer et de me dépasser afin d'atteindre les objectifs que je me suis fixés. Enfin, j'exprime ma gratitude à tous ceux qui ont contribué à ma formation académique et à mon développement personnel. À tous, j'adresse mes sincères remerciements.*

*Je tiens à exprimer ma reconnaissance à une personne chère à mon cœur, dont le soutien moral, la confiance et les encouragements ont été d'une grande importance tout au long de cette étape de ma vie. Sans la nommer, elle se reconnaîtra certainement à travers ces quelques mots. Qu'elle reçoive ici mes plus sincères remerciements et toute ma gratitude*

*ACHOUR B*

# TABLES DES MATIERES

**Remerciement**

**Dédicace**

**Listes des abréviations**

**Listes des tabeaux**

**Listes des figures**

**Résumé**

**Abstract**

**الملخص**

**Introduction..……..…1**

**CHAPITRE I : GENERALITE SUR L'EAU**

1. L'importance de l'eau ..... 2

1.1.Cycle de l'eau ..... 2

2 . Différents types de l'eau ..... 3

2.1. Eaux de pluie ..... 3

2.2. Les eaux souterraines ..... 3

2.3. Les eaux de surface ..... 4

2.3.1. Eaux courantes ..... 4

2.3.1.1. les eaux fluviales (section amont) ..... 4

2.3.1.2. les eaux fluviales (section aval) ..... 4

2.3.2. Eaux stagnantes ..... 5

3. Propriétés de l'eau ..... 5

3 .1. Propriétés physique ..... 5

3.2. Propriétés chimiques ..... 6

3.3. Propriétés biologique ..... 6

4. Utilisations de l'eau ..... 6

4.1. Utilisation de l'eau dans l'industrie ..... 6

4.2. Utilisation de l'eau en agriculture ..... 7

4.3. Autres utilisations ..... 7

5. Pollution de l'eau ..... 7

5.1. Définition ..... 7

5.2. Origine des pollutions ..... 7

5.2.1. Pollution d'origine naturelle ..... 7

5.2.2. Pollution d'origine anthropique ..... 8
5.3. Classification des polluants ..... 9
5.3.3. Pollution physique ..... 10
6. Paramètres de la qualité des eaux superficielles ..... 10
6.1. Les paramètres physico-chimiques ..... 10
6.2. Paramètres relatives à la pollution ..... 13
6.3. Les différentes formes d'azote ..... 15
6.4. Evaluation de la qualité des eaux ..... 16
7. Survie des microorganismes dans l'eau ..... 18
7.1. Facteurs influençant la mortalité des microorganismes ..... 18
7.2. Survie des bactéries ..... 19
7.3. Survie des virus et des protozoaires ..... 20
8. Infections d'origine hydrique ..... 20
9. Les maladies à transmission hydriques Algérie ..... 26

**CHAPITRE II : DESCRIPTION DU SITE D'ETUDE**

1.Localisation et présentation de la zone d'étude ..... 29
1.1Situation géographique ..... 29
1.2. Réseau hydrographique ..... 30
1.3. Le climat ..... 30
1.4.Les facteurs climatiques ..... 32
1.4.1.La pluviométrie ..... 33
1.4.2.La température ..... 33
1.4.3. Humidité ..... 34
2.Situation géographique de Oued el-Kebir ..... 35
3. Cadre biotique ..... 36
3.1. La Faune ..... 36
3.2. La Flore ..... 37

**CHAPITRE III: MATERIELES ET METHODE**

1.Caractéristiques du point de prélèvement ..... 39
2. Echantillonnage ..... 40
2.1. Matériel d'échantillonnage ..... **40**
2.3.Enregistrement et étiquetage des échantillons ..... **41**
2.4.Transport et conservation de l'échantillon ..... **41**
3.Analyses bactériologiques ..... 41

3.1. Dénombrement de la microflore aérobie hémophile totale (germes totaux)..... **42**
3.2. Dénombrement des coliformes totaux et coliformes thermo-tolérants..... **45**
3.2.2Test confirmatif ..... **46**
3.3.Dénombrement des streptocoques fécaux..... **48**
3.4. Dénombrement des spores des anaérobie sulfito réducteurs (ASR) Méthode par incorporation en gélose en tubes profonds ..... **50**
3.5. Recherche des germes pathogènes..... **53**

**CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSIONS**

1- Analyses physique ..... 59
1.1. Température ..... **59**
1.2. Potentiel d'hydrogène (pH)..... **59**
1.3. Conductivité électrique ..... **60**
2. Résultats des analyses bactériologiques ..... 61
2.1.Dénombrements des microorganismes revivifiables..... **61**
2.2.Dénombrement des coliformes totaux..... **62**
2.3.Dénombrement des Coliformes fécaux..... **64**
2.4.Dénombrement de Streptocoques fécaux..... **65**
2.5.Les Anaérobies sulfito-réducteurs (ASR)..... **66**
2.6.Résultats de la recherche des germes pathogènes ..... **67**
CONCLUSION..... **72**
REFERANCES BIBLIOGRAPHIQUE ..... **73**
ANNEXES ..... **82**

# LISTE DES ABREVIATIONS

**ASR :** Anaérobies sulfitoréducteurs.

**BCPL :** Bouillon lactose au pourpre de bromocrésol.

**CF :** Coliformes fécaux.

**CT :** Coliformes totaux.

**D/C :** Double concentration.

**$Fe^{+2}$ :** Fer ferreux.

**FeS :** Sulfute de fer.

**GT :** Germes totaux.

**$Na_2SO_3$ :** Sulfite de sodium .

**NPP :** Nombre le plus probable.

**OMS :** Organisation Mondial de Santé.

**pH :** Potentielle Hydrogène.

**S/C :** Simple concentration.

**SF :** Streptocoque fécaux.

**TDS :** Taux des sels dissous.

**TGEA :** Tryptone-Glucose-Extrait de levure-Agar.

**UFC :** Unité formant colonie.

**VF :** Viande Foie.

# LISTE DES TABLEAUX


| Tableau | Titre de Tableau | Page |
|---|---|---|
| **1** | Relation entre la minéralisation et la conductivité électrique | **12** |
| **2** | Grille de classification de la qualité des eaux superficielles | **17** |
| **3** | Classification de la qualité des cours d'eau en Algérie selon les critères de (ABH-CSM , 2009). | **18** |
| **4** | Maladies transmissibles par voie hydrique ou fortement associées à la présence et à l'utilisation de l'eau | **21** |
| **5** | Caractéristiques du point de prélèvement | **39** |
| **6** | Les principaux staphylocoques isolés en microbiologie | **56** |
| **7** | Résultats du dénombrement des bactéries anaérobies sulfito-réductrices exprimés en spores/20 ml. | **66** |
| **8** | Étude des traits morphologiques macroscopiques et microscopiques des colonies | **67** |

# LISTE DES FIGURES


| Figure | Titre | Page |
|---|---|---|
| **1** | les étapes du cycle de l'eau | **03** |
| **2** | Distribution des cas déclarés selon les différentes catégories de maladies en Algérie. Année 2000 | **27** |
| **3** | Ventilation des déclarations de cas selon les groupes de maladies en Algérie. Année 2015 | **27** |
| **4** | Distribution des maladies à transmission hydrique en Algérie au cours de l'année 2015 | **28** |
| **5** | Situation géographique et limites de la wilaya de Mila | **29** |
| **6** | Diagramme ombrothermique selon la méthode de Bagnouls et Gaussen appliqué à la région de Mila | **31** |
| **7** | Situation de la région de Mila dans le climagramme d'Emberger « 2009,2018 » | **32** |
| **8** | Évolution de la moyenne mensuelle des précipitations dans la région étudiée | **33** |
| **9** | Évolution de la moyenne mensuelle des températures dans la région d'étude Mila | **34** |
| **10** | Évolution de l'humidité moyenne mensuelle dans la région d'étude. | **34** |
| **11** | Évolution mensuelle de la vitesse moyenne du vent dans la région d'étude de Mila | **35** |
| **12** | Carte de situation géographique de oued – elkbir | **36** |
| **13** | La richesse faunistique de la région de Mila selon les données de la Conservation des forêts de la wilaya de mila (2018). | **36** |
| **14** | Inventaire des espèces d'oiseaux terrestres recensées selon les données de la Conservation des forêts de la wilaya de mila (2018) | **37** |
| **15** | Divers types de formations forestières caractérisent la wilaya de Mila. (Conservation des forêts de Mila, 2018). | **38** |
| **16** | Photo réel du point de prélèvement | **39** |
| **17** | Points des prélèvements hydrologiques de oued el-kebir | **40** |
| **18** | Recherche et dénombrement des microorganismes revivifiables à 37°C et 22C° dans l'eau | **44** |

| | | |
|---|---|---|
| **19** | Recherche et dénombrement des coliformes totaux et coliformesthermotolérants. | **47** |
| **20** | Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux | **49** |
| **21** | Mise en évidence et quantification des spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices. | **52** |
| **22** | Protocole de recherche de Staphylococcus | **54** |
| **23** | Test de catalase Lame | **55** |
| **24** | Test de coagulase lame et tubes | **56** |
| **25** | Variation spatio-temporelle de la température d'Oued-elkebir wilaya de Mila | **59** |
| **26** | Variation spatio-temporelle de pH de l'eau d'Oued-elkebir | **60** |
| **27** | Variation spatio-temporelle de la conductivité électrique de l'eau d'Oued-elkebir | **61** |
| **28** | Evolution des germes totaux à 37°C et 22°C de l'eau de trois stations durant 3 échantillonnages dans le mois de Février, Mars et Avril. | **62** |
| **29** | Multiplication des germes totaux sur gélose TGEA (photos personnelles) | **62** |
| **30** | Variations des nombres des coliformes totaux dans les différentes stations de prélèvements | **63** |
| **31** | Photo présent le résultat de la recherche des coliformes totaux | **63** |
| **32** | Variations des nombres des coliformes fécaux dans les différentes stations de prélèvements | **64** |
| **33** | Photo présent le résultat de la recherche des coliformes fécaux. | **65** |
| **34** | Variations des nombres des streptocoque fécaux dans les différentes stations de prélèvements. | **65** |
| **35** | Variations des nombres des streptocoque fécaux dans les différentes stations de prélèvements. | **66** |
| **36** | Photos présentant le résultat de la recherche des ASR | **66** |
| **37** | Morphologie des colonies sur gélose nutritive | **67** |
| **38** | Observation microscopique sur GN | **67** |
| **39** | Morphologie des colonies sur Chapman | **68** |

| | | |
|---|---|---|
| **40** | Observation microscopique sur Chapman | **68** |
| **41** | Morphologie des colonies sur Héktoèn | **68** |
| **42** | Observation microscopique sur Héktoèn | **68** |
| **43** | Morphologie des colonies sur Gélose SS | **69** |
| **44** | Observation microscopique sur Gélose SS | **69** |
| **45** | Morphologie des colonies sur MacConkey | **69** |
| **46** | Observation microscopique sur MacConkey | **69** |

# Résumé

**Résumé**

Cette étude a été réalisée dans le but d'évaluer la qualité microbiologique des eaux de l'oued el-kebir de la wilaya de mila et de déterminer le niveau de contamination bactérienne au niveau des différents sites d'échantillonnage. Des prélèvements d'eau ont été effectués durant trois mois afin de suivre la variation des indicateurs de contamination fécale. Les analyses microbiologiques ont porté principalement sur les coliformes totaux, les coliformes fécaux, *Escherichia coli* et les streptocoques fécaux et Les résultats obtenus ont révélé la présence de fortes charges bactériennes dans l'ensemble des sites étudiés, avec des variations selon les périodes et les stations d'échantillonnage. Les concentrations enregistrées dépassent les normes recommandées pour les eaux de bonne qualité microbiologique, traduisant ainsi une contamination d'origine fécale liée aux rejets domestiques, agricoles et aux activités anthropiques. L'isolement et l'identification des souches bactériennes ont également mis en évidence la présence de différents groupes bactériens à Gram positif et à Gram négatif . Cette étude montre que les eaux de l'oued el-kebir présentent une qualité microbiologique altérée et nécessitent la mise en œuvre de mesures de gestion et de protection afin de réduire les sources de pollution et de préserver les ressources hydriques.

**Mots-clés**

**Coliformes totaux ; Coliformes fécaux ; Escherichia coli ; Streptocoques fécaux ; Contamination fécale ; Pollution bactérienne .**

**الملخص**

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم الجودة الميكروبيولوجية لمياه واد الكبير بولاية ميلة والكشف عن مستوى التلوث البكتيري في مختلف مواقع أخذ العينات. تم جمع عينات المياه خلال عدة فترات زمنية من أجل دراسة التغيرات المكانية والزمانية لمؤشرات التلوث البرازي. وقد شملت التحاليل الميكروبيولوجية البحث عن المؤشرات البكتيرية الرئيسية للتلوث، والمتمثلة في القولونيات الكلية، والقولونيات البرازية، وبكتيريا الإشريكية القولونية (*Escherichia coli*)، والعقديات البرازية ، كما أظهرت النتائج وجود تلوث بكتيري متفاوت الشدة في جميع المواقع المدروسة، مع اختلافات مرتبطة بالموقع وفترة أخذ العينات. كما بينت التحاليل أن تراكيز المؤشرات البكتيرية المسجلة تتجاوز الحدود المسموح بها وفق المعايير الدولية الخاصة بجودة المياه، مما يدل على وجود تلوث ذي مصدر برازي ناتج عن تصريف المياه المستعملة والأنشطة الزراعية ومختلف الأنشطة البشرية. كما سمحت عمليات العزل والتشخيص البكتيري بالكشف عن تنوع في السلالات البكتيرية، شمل بكتيريا موجبة الغرام وسالبة الغرام ، وتؤكد هذه النتائج أن مياه واد الكبير تعاني من تدهور في جودتها الميكروبيولوجية، الأمر الذي يستدعي اتخاذ إجراءات فعالة للحد من مصادر التلوث وحماية الموارد المائية وضمان استدامتها .

**الكلمات المفتاحية**

القولونيات الكلية، القولونيات البرازية، الإشريكية القولونية(*Escherichia coli*) ، العقديات البرازية، التلوث البرازي، التلوث البكتيري .

## Abstract

This study was conducted to evaluate the microbiological quality of the waters of Oued El-Kebir in the Mila province and determine the level of bacterial contamination at different sampling sites. Water samples were collected over several periods to investigate the spatial and temporal variations of fecal contamination indicators. Microbiological analyses focused on the detection and enumeration of major bacterial indicators, including total coliforms, fecal coliforms, *Escherichia coli* (*E. coli*), and fecal streptococci and The results revealed the presence of bacterial contamination at all investigated sites, with noticeable variations according to sampling location and period. The recorded concentrations of bacterial indicators exceeded the limits recommended by international water quality standards, indicating fecal pollution mainly associated with domestic wastewater discharges, agricultural activities, and other anthropogenic sources. Furthermore, bacterial isolation and identification procedures highlighted the diversity of bacterial strains present in the water samples, including both Gram-positive and Gram-negative bacteria , The findings demonstrate that the river water of oued EL-Kebir is characterized by poor microbiological quality and is therefore unsuitable according to established microbiological standards. These results underline the necessity of implementing effective management and protection measures to reduce pollution sources, preserve water resources, and safeguard public health.

**Keywords**

Total coliforms; Fecal coliforms; *Escherichia coli*; Fecal streptococci; Fecal contamination; Bacterial pollution .

# Introduction

L’eau est une ressource essentielle au fonctionnement des écosystèmes et un bien commun dont la gestion doit intégrer les caractéristiques du milieu physique ainsi que les activités humaines. L’eau naturelle ne se limite pas à la molécule $H_2O$ ; elle contient des gaz, des substances minérales et organiques, des microorganismes et des particules en suspension. De plus, les caractéristiques topographiques, géologiques et pédologiques influencent son comportement hydrologique et sa qualité **(Boukroma. N, 2008).**

La croissance démographique, l’urbanisation et le développement économique contribuent à l’augmentation des différentes formes de pollution environnementale, notamment celle des eaux, de l’air et des sols. Les eaux usées issues des activités urbaines renferment des polluants organiques et minéraux, ce qui nécessite leur traitement avant leur rejet dans le milieu naturel **(Merabet, S., 2010).**

Cette recherche vise à examiner les caractéristiques physiques et microbiologiques des eaux de oued el-kebir , dans la province de Mila, et à évaluer leur incidence sur la qualité de cet élément essentiel pour l'environnement et les activités humaines.

Ce travail se compose de quatre chapitres. Les deux premiers chapitres se focalisent sur l'approche théorique : ils exposent, d'une part, des notions générales concernant la pollution de l'eau et les maladies transmises par l'eau, et, d'autre part, une présentation approfondie du lieu d'étude.

Le chapitre trois couvre la section expérimentale, où nous avons mis en œuvre un protocole d'analyse fondé sur des tests physico-chimiques et microbiologiques des échantillons d'eau.

Pour conclure, le dernier chapitre présente les résultats sous forme d'histogrammes, suivi d'une analyse détaillée et d'une conclusion générale.

# CHAPITRE I :
# GENERALITE SUR L'EAU

## 1. L'importance de l'eau

Plus de 70 % de la surface terrestre est recouverte par l'eau. La vie sur Terre a vu le jour dans l'eau ; il n'est donc pas surprenant que tous les organismes vivants de notre planète bleue dépendent de l'eau. En effet, l'eau représente bien des choses : elle est essentielle à la vie, un habitat, une ressource locale et internationale, un moyen de transport et un élément régulateur du climat **( Hans Bruyninckx *et al* , 2018 ) .**

L'eau revêt une importance cruciale tant sur le plan biologique qu'économique. L'hydrosphère constitue la base de la vie et des équilibres écologiques. L'eau peut être considérée comme un aliment, un médicament potentiel, une ressource industrielle, énergétique et agricole, ainsi qu'un moyen de transport **( Bernard Festy , 2003 ) .**

L'eau est un ingrédient vital pour l'existence et le fonctionnement universel de la planète Terre, puisqu'elle couvre 70 à 80% de sa surface totale. Pratiquement 98% de l'eau est salée et non potable, tandis que moins de 1% de l'eau peut être consommée. La plupart de cette eau se trouve dans les neiges et les calottes glaciaires **(Lassoued *et al*., 2008) .**

L'eau constitue le principal élément du corps humain, représentant en moyenne 65% de sa composition chez un adulte, soit environ 45 litres d'eau pour un individu pesant 70 kilogrammes.De plus, elle assure les rôles suivants :

- Participe au maintien d'une température stable à l'intérieur du corps .
- Contribue à la suppression des résidus métaboliques .
- Facilite le passage de diverses substances dissoutes essentielles aux cellules .
- Joue un rôle dans plusieurs réactions chimiques du corps humain **(Monod, 1989 ) .**

### 1.1. Cycle de l'eau

L'eau est omniprésente dans notre environnement et représente un élément essentiel de la planète. Elle se renouvelle et circule continuellement entre l'atmosphère, la surface et le sous-sol terrestre : c'est ce que l'on appelle le cycle de l'eau.

Sous l'effet de l'énergie solaire, l'hydrosphère s'évapore et enrichit l'atmosphère en vapeur d'eau. Lorsque l'air se refroidit, cette vapeur se condense en gouttelettes ou en cristaux de glace, puis retombe sous forme de pluie, de neige ou de grêle sur la lithosphère. Une partie de cette eau s'infiltre dans le sol, une autre s'écoule en surface, tandis que le reste s'évapore de nouveau. (**vilagines , 2003) .**

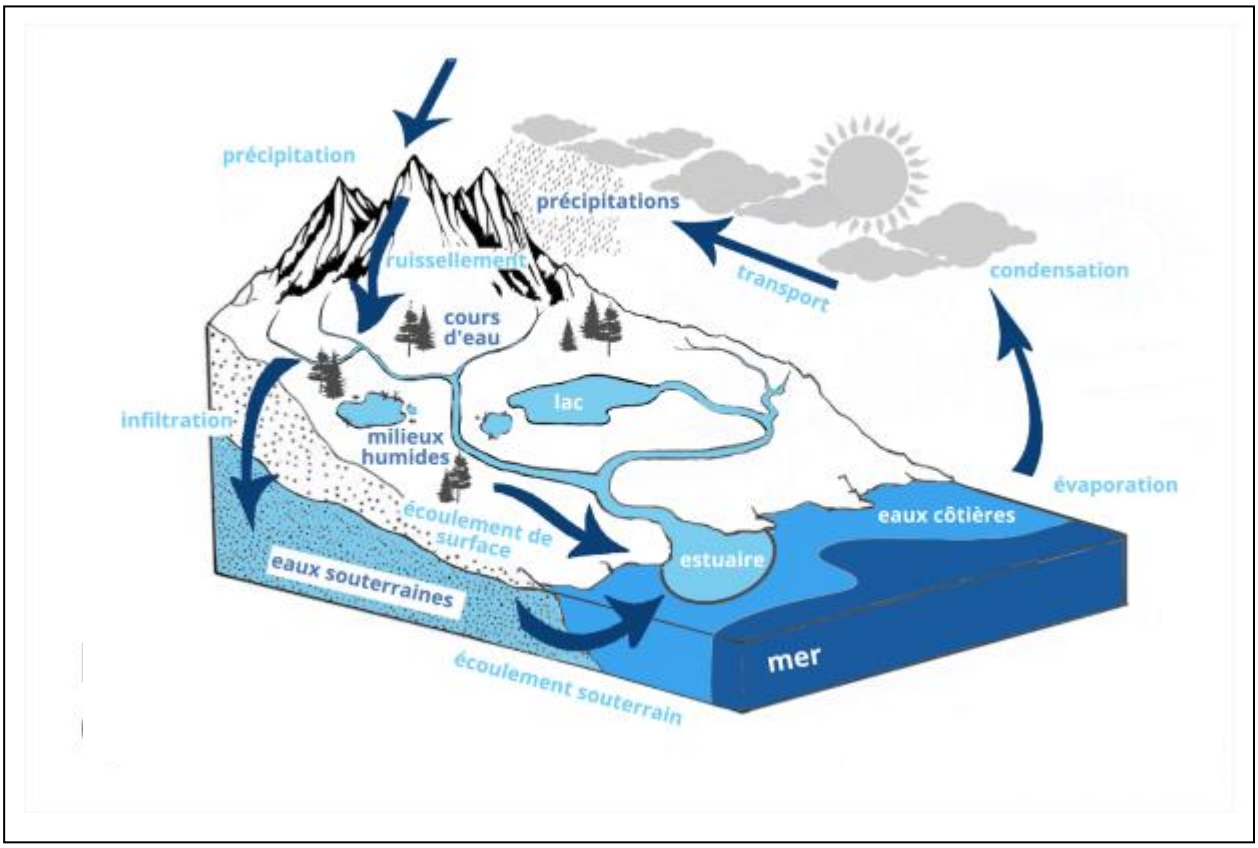



**Figure 01 :** les étapes du cycle de l'eau (**vilagines , 2003)**

**2 . Différents types de l'eau**

**2.1. Eaux de pluie**

Les eaux pluviales sont de bonne qualité pour la consommation humaine. Ces dernières sont gorgées d'oxygène et d'azote et ne renferment pas de sels dissous tels que les sels de calcium et de magnésium ; elles se caractérisent donc par leur grande douceur. Dans les zones industrialisées, les poussières atmosphériques peuvent contaminer les eaux de pluie. La répartition temporelle des précipitations et les obstacles liés à la collecte de l'eau font que seulement quelques municipalités exploitent cette ressource hydrique **(raymond desjardins , 1997 )**

**2.2. Les eaux souterraines**

Les eaux souterraines, dépourvues de pollution, sont issues des eaux d'infiltration. Toutefois, elles peuvent être, d'une part, contaminées par l'utilisation de la technique de puisage, la proximité des latrines ou d'autres sources de pollution, le manque de protection. D'autre part, elles peuvent contenir des éléments tels que les eaux saumâtres (Na Cl), l'eau dure (Ca++) et l'eau ferrugineuse (Fe++) **(Coulibaly, 2005) .**

### 2.3. Les eaux de surface

Elles recouvrent la terre et sont constituées d'eaux marines, fluviales, de rivières et de marigots. La planète bleue contient 97,5% d'eau, principalement sous forme d'eau salée (les océans), et seulement 2,5% d'eau douce (AMH journée mondiale de l'eau 2003). Encrassées par les eaux de ruissellement, elles accumulent divers types de déchets nuisibles à la santé **(Coulibaly, 2005) .**

#### 2.3.1. Eaux courantes

Les eaux courantes sont celles qui s'écoulent constamment du point le plus élevé vers le point le plus bas, souvent traversant des pentes jusqu'à ce qu'elles atteignent les mers et les océans **(raymond desjardins , 1997 ) .**

#### 2.3.1.1 . les eaux fluviales (section amont)

Généralement, l'amont d'un cours d'eau se trouve dans une zone montagneuse où la densité de population est relativement basse et où les activités industrielles sont quasiment absentes. Les caractéristiques principales de ces eaux sont exposées ci-dessous.
a) Élevée turbidité : en raison du caractère torrentiel du cours d'eau, les eaux véhiculent d'importantes masses de particules en suspension.

b) Faible contamination bactérienne : la pollution due aux activités humaines ou à l'industrialisation y est presque nulle.

c) Température basse : ces eaux sont issues soit de sources, soit de la fonte des neiges et des glaciers.

d) Indice de couleur faible : ces eaux n'ont pas encore eu l'occasion de dissoudre les substances végétales, qui sont la source principale de leur coloration **(raymond desjardins , 1997 ) .**

#### 2.3.1.2. les eaux fluviales (section aval)

Généralement, l'aval d'une rivière se trouve dans une zone où la population est forte, où l'agriculture est bien implantée et où les industries sont variées. De ce fait, la qualité de l'eau y est souvent inférieure et son traitement plus complexe qu'en amont. Voici ci-dessous les caractéristiques principales de ces eaux.

a) Haute contamination bactérienne : cette pollution est principalement due à l'écoulement des eaux usées domestiques et agricoles.

b) Élevée contamination organique et inorganique : Les eaux résiduaires domestiques, agricoles et industrielles renferment d'importantes quantités de substances organiques et inorganiques.

c) Indice de couleur potentiellement élevé : dans de nombreuses situations, les eaux ont eu la

possibilité de dissoudre des substances végétales qui leur donnent une certaine teinte **(raymond desjardins , 1997 ) .**

### 2.3.2. Eaux stagnantes

Les eaux stagnantes se forment lorsqu'un obstacle, qu'il soit naturel ou d'origine humaine, empêche l'écoulement normal de l'eau. On distingue plusieurs types de milieux stagnants :

- Les lacs, qui sont de vastes étendues d'eau naturelles.
- Les plans d'eau artificiels, créés par l'homme, généralement moins profonds que les lacs et pouvant atteindre quelques dizaines de mètres. Ils regroupent :
    - Les étangs, de taille plus réduite que les lacs, souvent aménagés pour la pisciculture.
    - Les retenues d'eau, destinées à stocker l'eau en zones montagneuses ou dans les vallées, avec des usages variés comme la production d'électricité, le soutien du débit des cours d'eau en période sèche, la prévention des crues, l'irrigation, l'alimentation en eau potable ou encore les activités de loisirs.
- Les marais, caractérisés par la présence d'une eau peu profonde affleurant à la surface d'un sol riche en végétation, où s'accumulent d'importants dépôts de sédiments **(raymond desjardins , 1997 ) .**

## 3. Propriétés de l'eau

Essentielle à la vie et jouant un rôle de catalyseur dans de nombreuses réactions chimiques, l'eau constitue également le principal agent responsable de l'érosion et de la sédimentation, ce qui en fait un élément clé dans la formation des paysages. Sur Terre, elle se présente sous trois états : liquide, solide (glace) et gazeux (vapeur d'eau). Ces différentes phases coexistent dans la nature, généralement observées par paires (eau-glace, eau-vapeur, glace-vapeur), en fonction des conditions de température et de pression, dans un équilibre variable. **(Bliefrt, C, Perraud, R , 2001)**

### 3 .1. Propriétés physique

La polarité de la molécule d'eau favorise les interactions entre ses molécules, ce qui entraîne plusieurs propriétés physiques particulières, que l'on peut mentionner brièvement, telles que :

* **Température d'ébullition** : elle est relativement élevée par rapport à celle des composés ayant une masse moléculaire similaire et contenant plusieurs atomes d'hydrogène. Dans des conditions normales, elle atteint 100 °C.

* **Masse volumique** : elle dépend de la température, de la pression ainsi que de la concentration en sels dissous. Pour l'eau pure, elle est d'environ 1 g/cm³.

* **Viscosité** : elle diminue lorsque la température augmente, mais s'accroît avec la présence de sels dissous. Contrairement à la plupart des liquides, une pression modérée réduit la viscosité de l'eau à basse température **(Boglin, J , 2008).**

* **La tension superficielle :** correspond à une force de cohésion qui agit à la surface d'un liquide, cherchant à en minimiser l'aire. Dans le cas de l'eau, cette propriété est particulièrement élevée, atteignant environ 73 erg/cm à 18 °C **(Bliefrt, C, Perraud, R , 2001).**

### 3.2. Propriétés chimiques

L'énergie nécessaire à la formation de la molécule d'eau est importante (242 kJ/mol), ce qui lui confère une grande stabilité. Grâce à cette stabilité, ainsi qu'à ses propriétés électriques et à sa structure moléculaire, l'eau est particulièrement efficace pour dissoudre de nombreuses substances, qu'elles soient gazeuses, liquides polaires ou solides. Ainsi, la majorité des composés minéraux, ainsi que de nombreux gaz et substances organiques, peuvent se dissoudre dans l'eau.

La solvatation, ou pouvoir hydratant de l'eau, correspond à un processus au cours duquel les liaisons électrostatiques entre les atomes ou molécules du soluté sont totalement ou partiellement rompues, puis remplacées par de nouvelles interactions avec les molécules d'eau, conduisant à la formation de nouvelles structures **(Boglin, J , 2008) (Bliefrt, C, Perraud, R , 2001).**

### 3.3. Propriétés biologique

L'eau, l'oxygène et le dioxyde de carbone participent à l'établissement de conditions propices à la vie. Il existe ainsi un cycle biologique marqué par de nombreux échanges, dans lequel l'eau joue un rôle essentiel en constituant une part importante des êtres vivants **(Lallogo, H. 1992).**

## 4. Utilisations de l'eau

### 4.1. Utilisation de l'eau dans l'industrie

Les caractéristiques de l'eau nécessaires varient notamment en fonction des applications de l'eau. Il est infaisable de compiler une liste complète de toutes les applications possibles de l'eau dans une usine. On peut au mieux tenter de les classer en grandes catégories. La variété de ces applications et des normes de qualité d'eau spécifiques à chacune d'elles rend complexe la gestion des problèmes liés à l'eau au sein de l'usine et des processus de traitement. Dans la mesure du possible, l'industriel et le constructeur s'efforceront conjointement de trouver la solution technique optimale. Celle-ci consistera souvent en un traitement centralisé de toute l'eau utilisée dans l'usine, constituant ainsi un facteur commun à tous les besoins, le tout étant ensuite complété par des traitements spécifiques pour différents usages **(Touati, 2002).**

### 4.2. Utilisation de l'eau en agriculture

Dans le domaine de l'agriculture, l'eau sert à irriguer les plantations et à nettoyer les produits avant leur mise sur le marché **(Gisèle, 2007).** L'eau pour l'irrigation impacte la qualité des plantes et des sols : une eau salée perturbe la structure du sol, tandis qu'une eau contenant des résidus organiques ou métalliques est nuisible aux cultures **(Lothaire, 2000).**

### 4.3. Autres utilisations

* Les usages liés à l'élevage.

* Les usages domestiques : consommation, bains, cuisine, lavage de vaisselle, lessive.

* Au-delà de l'industrie et de l'agriculture, l'eau est utilisée pour diverses autres fonctions, y compris:

* Utilisations institutionnelles (établissements scolaires, hôpitaux...).

* L'écosystème (débit des rivières, exigences pour la survie aquatique).

* L'énergie hydroélectrique.

* L'évacuation des déchets solides et liquides.

* La navigation.

* Les pauses récréatives.

* La pêche **(Gisèle, 2007).**

## 5. Pollution de l'eau

### 5.1. Définition

La pollution se définit comme toute perturbation causée à un écosystème, qu'il s'agisse d'une altération chimique, physique ou biologique de la qualité de l'eau. Il s'agit de la pollution de l'eau par des entités et substances étrangères, comme des micro-organismes, des produits chimiques ou des résidus.

industriels ou autres ; résultant de déversements, d'écoulements, de rejets ou de dépôts directs ou indirects de diverses matières et, de manière générale, tout à fait susceptible d'entraîner ou d'augmenter la détérioration des eaux en altérant leurs caractéristiques chimiques, biologiques ou bactériologiques **( Guiraud, J. P ,1998).**

### 5.2. Origine des pollutions

#### 5.2.1. Pollution d'origine naturelle

La pollution des eaux peut également provenir de divers phénomènes naturels, comme ceux liés aux éruptions volcaniques (sulfures, acides, poussières), aux déversements marins d'hydrocarbures, au contact avec les filons ou gisements d'éléments toxiques (tel que le mercure, l'arsenic, et autres éléments radioactifs), ainsi qu'à la présence d'une source thermo-minérale **(Genin *et al* , 2003).**

### 5.2.2. Pollution d'origine anthropique

#### 5.2.2.1. Pollution d'origine industrielle

Ces substances polluantes présentent une grande variété, en fonction de l'usage de l'eau dans les processus de refroidissement, nettoyage, extraction, dissolution...etc., ainsi que l'activité des sites industriels (traitement de surface chimique, agro-alimentaire...etc.).L'eau, un excellent solvant, peut contenir tous les résidus éventuels des activités humaines :

* Matériau organique et matières grasses (secteur agroalimentaire, abattoir).
* Raffineries d'hydrocarbures.
* Acides, bases, divers produits chimiques (secteurs chimique et pharmaceutique).
* Eau chaude issue des centrales thermiques.
* Métiers liés à la radioactivité (centrales nucléaires, centres de recherche, hôpitaux).
* Métaux lourds (procedes de revêtement et métallurgie) **(Genin , 2003).**

#### 5.2.2.2. Pollution d'origine agricole

L'emploi désordonné d'engrais, de pesticides, d'herbicides ou de fongicides est à l'origine de la pollution associée à l'agriculture. Parfois, les techniques contemporaines nécessitent une labour profonde et intense, ce qui facilite l'infiltration directe des contaminants (NO3, NO2, SO4, PO4 et Cl) vers la nappe phréatique **(Chaoui, 2013) .**

#### 5.2.2.3. Pollution d'origine urbaine

* La présence d'un grand nombre de débris solides .
* Un contenu significatif en matières minérales en suspension (sables, gravier, poussières) Dans un contexte urbain, les sources de pollution sont rapidement repérables, notamment les eaux de pluie, les résidus issus du traitement des polluants domestiques et ceux provenant du traitement des déchets ménagers. Elle se distingue par :

Des niveaux importants de polluants et d'hydrocarbures, principalement issus du lessivage des aires de stationnement, des dépôts d'échappement des voitures et de la corrosion des appareils métalliques, sont observés **(Benchabane, 2015).**

#### 5.2.2.4. Pollution d'origine domestique

Elle est issue des résidences et est généralement transportée par le système d'assainissement.

Elle se distingue par :

* La présence de minéraux, notamment l'azote et le phosphore.
* Une forte concentration en matières organiques.
* Des microbes fécaux.
* Des produits de nettoyage **(Genin , 2003).**

### 5.3. Classification des polluants

On fait la distinction entre trois types de pollution : la pollution biologique , la pollution chimique et la pollution organique.

#### 5.3.1. Pollution biologique

On identifie deux types de pollution biologique : celle liée aux microorganismes, et celle concernant les substances organiques.

##### 5.3.1.1. Les microorganismes polluants

D'après Bousseboua (2005), les agents de pollution microbiologique se composent essentiellement de bactéries, mais ils incluent également des protozoaires, des champignons et des virus. Cette contamination engendre fréquemment de graves problèmes d'hygiène publique et épidémiologie. Car si on ne les gère pas, ces rejets renferment des microorganismes pathogènes viables qui sont ensuite véhiculés par l'eau et dispersés lors de leur trajet **(Brouillettet et Ouellet, 2003).**

D'après Brouillet et Ouellet (2003), on distingue trois principales catégories d'agents pathogènes, à savoir :

- Les virus (hépatite A, norovirus, rotavirus, pour n'en nommer que quelques-uns).
- Les bactéries (Escherichia coli, Salmonella, Shigella, entre autres).
- Les parasites tels que Giardia lamblia, Cryptosporidium, et autres **(Brouillettet et Ouellet, 2003*).***

##### 5.3.1.2. Les matières organiques

La caractéristique essentielle des eaux peu profondes est la présence de matière organique naturelle, dont la source principale est le drainage des sols où s'accumulent des débris végétaux plus ou moins décomposés.

D'après ( **Madoui , 2011),** les composés organiques polluants majeurs comprennent les lipides, les protides, les glucides, les savons, les détergents, les huiles minérales et les résidus de cellulose, sans oublier leurs produits de décomposition **(Brouillettet et Ouellet, 2003).**

#### 5.3.2. Pollution chimique

Est généralement généré par les rejets industriels. Elle peut être plus ou moins nuisible, en fonction des substances dissoutes dans l'eau (par exemple : pollution par les phénols) et des concentrations de ces substances **(Vaillant, 1974).** Il n'est pas considéré comme une violation si la dégradation temporaire des masses d'eau est due à des circonstances liées à des phénomènes naturels ou à des événements qui n'auraient pas pu être raisonnablement anticipés ***(*Marchand *et al,* 2004).**

### 5.3.3. Pollution physique

#### 5.3.3.1. Polluants radioactifs

Ces paramètres n'ont pas été analysés en raison d'un manque de moyens matériels. On distingue différents types de rayonnements:

- Les rayons alpha possèdent une faible capacité de pénétration et sont stoppés par la surface de la peau.
- Les rayons bêta peuvent traverser quelques centimètres de tissus.
- Les rayons gamma sont les plus énergétiques **(Moumouni et DjermaKoye, 2005).**

#### 5.3.3.2. Pollution thermique

Les rejets d'eau chaude, notamment issus des centrales électronucléaires, peuvent entraîner une augmentation inhabituelle de la température de l'eau. Cette élévation thermique perturbe l'équilibre écologique des milieux aquatiques, favorisant la prolifération de micro-organismes tels que les algues et entraînant la disparition d'espèces plus sensibles aux variations de température **(Dajoz, 2000).**

#### 5.3.3.3. Les matières en suspension

Les matières en suspension correspondent à de fines particules, d'origine minérale ou organique, qu'elles soient biodégradables ou non, et qui sont responsables de la turbidité de l'eau **(Gérard, 2003).**

Elles sont issues de rejets de diverses origines ainsi que des processus d'érosion des sols en milieu rural. **(Chocat, 1997).** Les matières en suspension réduisent l'activité photosynthétique, ce qui limite la réoxygénation de l'eau. Elles rendent également les cours d'eau troubles et altèrent leur aspect, tout en pouvant perturber, voire détruire, la vie aquatique **(Gérard, 2003).**

## 6. Paramètres de la qualité des eaux superficielles

Pour évaluer la qualité des eaux de surface, il est indispensable de mesurer les paramètres physico-chimiques et de vérifier la présence ou l'absence d'organismes et de micro-organismes aquatiques.

### 6.1. Les paramètres physico-chimiques

*** Température (T °C)**

La température de l'eau joue un rôle essentiel dans la dissolution des sels et des gaz. Une augmentation de 10 °C peut accélérer les réactions chimiques et biochimiques d'un facteur de 2 à 3. Ainsi, lorsque la température de l'eau s'élève, l'activité métabolique des organismes aquatiques s'intensifie. Ce paramètre dépend à la fois des conditions climatiques et de possibles rejets d'eaux usées chaudes **(Rodier, 1984).** constitue l'un des paramètres fondamentaux dans

l'analyse de l'eau. Elle exerce une influence directe sur le comportement des différentes substances présentes ainsi que sur l'activité biologique du milieu. Toutefois, elle n'a pas d'effet direct sur la santé humaine **(Roux, 1987).** Il est essentiel de déterminer la température de l'eau avec une précision adéquate, car elle influence la solubilité des sels et particulièrement des gaz, ainsi que la dissociation des sels dissous, ce qui a un impact sur la conductivité électrique et la mesure du pH. Elle permet également d'identifier l'origine de l'eau et de détecter d'éventuels mélanges **(Rodier, 2005).**

*** Potentiel d'hydrogène (pH)**

Le pH, qui permet d'évaluer le degré d'acidité d'une solution, est défini par la relation $pH = -\log(H^+)$, où $(H^+)$ représente l'activité des ions hydrogène présents dans la solution. **(Ramade, 1993).** Les équilibres physicochimiques dépendent du pH, qui agit en interaction avec d'autres paramètres tels que la dureté, l'alcalinité et la température. En général, sa valeur se situe entre 7,2 et 7,6. **(Bremond *et al* , 1973)**. Toutefois, le pH peut parfois osciller entre 4 et 10 selon le caractère acide ou basique des sols traversés. Un pH faible favorise la présence de métaux sous forme ionique, plus toxique, tandis qu'un pH élevé entraîne une augmentation des concentrations d'ammoniac, nocif pour les poissons **(Rodier, 2009).**

*** Conductivité électrique (CE)**

La conductivité électrique de l'eau correspond à la conductance d'une colonne d'eau située entre deux électrodes métalliques d'une surface de 1 $cm^2$ chacune et espacées de 1 cm.

En général, une situation est jugée anormale lorsque la conductivité dépasse 2000 µS/cm, et une eau présentant une conductivité supérieure à 1500 µS/cm est considérée comme peu adaptée à l'irrigation. Dans le domaine industriel, l'interprétation des résultats doit s'appuyer sur une analyse globale de l'eau. Il faut également noter que, pour le suivi des rejets industriels, la conductivité ne traduit qu'une minéralisation totale, sans permettre une identification précise des éléments chimiques responsables **(Rodier, 2009).** correspond à la capacité de l'eau à transmettre un courant électrique entre deux électrodes. La majorité des substances dissoutes y sont présentes sous forme d'ions chargés. Ainsi, la mesure de la conductivité permet d'estimer la concentration en sels dissous dans l'eau **(Saadali, 2007).** La conductivité dépend également de la température de l'eau, augmentant généralement avec l'élévation de celle-ci. Elle est exprimée en microsiemens par centimètre (µS/cm) **(Detay, 1993).**

**Tableau 1** : Relation entre la minéralisation et la conductivité électrique **(Rodier, 2009**).

| **Conductivité électrique** | **Taux de minéralisation** |
|---|---|
| CE < 100 µs /cm | Minéralisation Très Faible |
| 100 < C.E < 200 µs /cm | Minéralisation Faible |
| 200 < C.E < 333 µs / cm | Minéralisation Moyenne |
| 333 < C.E < 666 µs / cm | Minéralisation Moyenne Accentée |
| 666 < C.E < 1000 µs/ cm | Minéralisation Importante |
| C.E > 1000 µs/cm | Minéralisation Elevée |

- **Chlorure (Cl-)**

Les chlorures sont couramment présents dans les eaux douces à des concentrations variant entre 10 et 100 mg/l. Une concentration élevée en chlorures peut être le signe d'une contamination par des eaux usées **(Nalco , 1983).** Les ions chlorure ($Cl^-$) nécessitent une surveillance attentive, car leurs concentrations dans les eaux de surface varient fortement. Elles dépendent essentiellement de la nature des sols et des terrains traversés **(Rodier, 1984).**

- **Sulfate ($SO4^{-2}$) :**

Les sulfates sont des constituants naturels des eaux et sont associés à des cations majeurs comme le calcium, le potassium et le sodium. Ils proviennent de la dissolution de certains minéraux, notamment le gypse, ou résultent de l'oxydation de minéraux sulfurés. Dans les eaux naturelles, leurs concentrations varient généralement entre 5 et 200 mg/l. Ils peuvent également être présents dans les rejets de nombreuses industries **(Rodier, 1984).**

- **Matières en suspension**

Elles regroupent l'ensemble des particules, qu'elles soient minérales ou organiques, présentes dans une eau, qu'elle soit naturelle ou contaminée **(Ramade, 1993).**

Dans les eaux de surface non contaminées, les matières en suspension proviennent principalement du bassin versant à la suite de l'érosion naturelle, ainsi que des débris organiques tels que les résidus végétaux et du plancton. Elles sont donc généralement de nature minérale et présentes en faibles concentrations, sauf lors des périodes de crue des cours d'eau. Les eaux naturelles ne sont jamais totalement dépourvues de matières en suspension, et une teneur inférieure à 30 mg/l est habituellement admise **(Afri Mehannaoui, 1998).** Une forte concentration de matières en suspension dans l'eau réduit la pénétration de la lumière et diminue la production biologique, notamment en provoquant une baisse de l'oxygène dissous liée à la

réduction de la photosynthèse. Les MES peuvent avoir plusieurs origines, notamment l'érosion des sols des versants et des fonds de vallée, l'érosion des berges et du lit des cours d'eau, le développement du plancton, ainsi que diverses sources comme les rejets urbains et industriels **(Le françois J., 2007).**

- **Les Résidus Secs**

Il s'agit du résidu obtenu après séchage complet d'un échantillon au four à 105 °C, constituant un indicateur qui reflète la teneur en minéraux **(Barkat k., 2016).**

- **Oxygène dissous**

Les concentrations en oxygène dissous, avec celles du pH, constituent des indicateurs essentiels de la qualité des eaux pour la vie aquatique. Dans les eaux de surface, cet oxygène provient principalement de l'atmosphère ainsi que de la photosynthèse des algues et des plantes aquatiques. Sa concentration varie au cours de la journée et des saisons, en fonction de plusieurs facteurs tels que la pression partielle en oxygène de l'air, la température de l'eau, la salinité, la luminosité, le brassage de l'eau et la disponibilité en nutriments. Elle dépend également de la consommation d'oxygène liée à l'activité des organismes aquatiques, ainsi qu'aux processus d'oxydation et de décomposition de la matière organique. Lorsque la teneur en oxygène descend en dessous de 1 mg/L, le milieu devient proche de l'état anaérobie, situation qui survient lorsque la consommation d'oxygène dépasse les apports disponibles. Un faible taux d'oxygène dissous favorise par ailleurs la libération et la solubilisation de substances toxiques présentes dans les sédiments **(Rodier, 2009).**

### 6.2. Paramètres relatives à la pollution

*** Demande biochimique en oxygène (DBO)**

La DBO fait partie des paramètres globaux utilisés pour caractériser les eaux résiduaires et les eaux de surface. La demande biochimique en oxygène sur 5 jours (DBO5) est mesurée à 20 °C, dans l'obscurité. Le rejet de matières organiques fermentescibles, par exemple via un émissaire d'égout, entraîne une diminution immédiate de l'oxygène dissous en raison de leur dégradation par des bactéries aérobies, phénomène qui tend ensuite à s'atténuer en aval du courant **(Ramade, 2002).**

*** Demande chimique en oxygène (DCO)**

La demande chimique en oxygène correspond à la quantité d'oxygène requise pour assurer l'oxydation totale des substances organiques et minérales présentes dans l'eau. Certaines de ces matières sont oxydées par un excès de dichromate de potassium en milieu acide, en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure. L'excédent de dichromate est ensuite déterminé par titrage avec le sulfate de fer et d'ammonium ***(*Rodier *et al., 2005)*.**

*** Les phosphates ($PO4^{-3}$)**

Les phosphates peuvent avoir une origine naturelle, notamment la décomposition de la matière organique ou le lessivage de certains minéraux. Cependant, aujourd'hui, leur présence dans les eaux est principalement due aux activités humaines, telles que l'utilisation d'engrais, les polyphosphates contenus dans les détergents, le traitement des eaux avec des phosphates ainsi que les rejets industriels chimiques (**Bremond *et al.*, 1973**).

La teneur en phosphore total inclut non seulement les orthophosphates, mais aussi les polyphosphates ainsi que les phosphates organiques. Le phénomène d'eutrophisation peut apparaître même à de faibles concentrations en phosphates, dès environ 50 µg P/l (**De Villers *et al.*, 2005**).

*** Le Silicium**

Le silicium ne fait pas partie des constituants essentiels de la matière vivante, mais il joue un rôle important dans la formation des structures squelettiques de certains organismes marins, tels que les algues siliceuses, les radiolaires et les diatomées. Bien qu'il soit très abondant dans l'écorce terrestre, sa concentration dans l'eau de mer peut être limitée en raison de sa faible solubilité. À un pH d'environ 8,2, le silicium dissous se présente principalement sous forme d'acide orthosilicique $Si(OH)_4$ (environ 95 %) et, dans une moindre proportion, sous forme ionisée SiO(OH).

En plus de sa forme dissoute, le silicium est également présent dans les eaux marines sous forme particulaire d'origine biogénique (frustules de diatomées), terrigène ou cosmique, mais cette forme n'est pas directement assimilable par les organismes et n'est donc pas considérée comme un nutriment dans les études. Les concentrations en silicium dissous varient selon l'origine et les caractéristiques des eaux. La silice pure, quant à elle, est un minéral dur qui se rencontre sous différentes formes naturelles:

- Principal constituant des roches sédimentaires détritiques (sables, grès), elle représente environ 27 % de la croûte terrestre.
- Présente également dans les roches métamorphiques.
- Fréquente dans les roches magmatiques : quartz dans les roches acides, cristallisée ou amorphe dans les roches volcaniques.

La silice se présente soit sous forme cristalline, constituée de réseaux de tétraèdres SiO liés entre eux par des atomes d'oxygène, comme dans le quartz, soit sous forme amorphe, comme dans le verre **( Chifflet *et al.*,2004).**

*** TDS**

Le TDS (Total Dissolved Solids) correspond à la concentration totale des substances dissoutes pouvant traverser un filtre de porosité 0,45 µm, comprenant les sels minéraux, les matières organiques et d'autres composés dissous dans l'eau **(US/EPA, 2001)** , et il est souvent assimilé à la salinité. Il est constitué principalement de sels inorganiques tels que le calcium, le magnésium, le potassium et le sodium, ainsi que de différents anions comme les carbonates, nitrates, bicarbonates, chlorures et sulfates. Une forte concentration en solides dissous n'est pas nécessairement dangereuse pour la santé. Ces minéraux peuvent avoir une origine naturelle, lorsque l'eau circule à travers des zones riches en sels minéraux ou des sols contenant des quantités élevées de calcium et de magnésium, comme dans certaines régions de prairies. Ils peuvent également provenir des activités humaines, notamment le ruissellement agricole et urbain, les rejets industriels, les eaux usées ou encore l'utilisation de sel pour le déverglaçage des routes.

### 6.3. Les différentes formes d'azote

*** Les nitrates ($NO3^-$)**

L'azote sous forme de nitrates, tout comme celui des nitrites et de l'ammoniac, constitue un nutriment essentiel pour les plantes et a, à l'instar du phosphore, fait l'objet de nombreuses études sur le terrain. Les nitrates naturellement présents dans les eaux proviennent principalement du ruissellement des eaux à travers les sols du bassin versant **(Bremond *et al* ., 1973).** Les eaux naturelles non contaminées renferment généralement de faibles concentrations en nitrates. Ceux-ci peuvent avoir une origine directe ou indirecte dans l'eau **(De Villers *et al*., 2005).** Dans les effluents riches en azote organique tels que les protéines, les acides aminés ou l'urée, ces composés sont d'abord convertis en ammonium ($NH_4^+$), puis oxydés en nitrites et enfin en nitrates grâce à l'action des bactéries nitrifiantes. Ce processus, appelé nitrification, est particulièrement sensible aux substances toxiques comme les métaux et les pesticides, ainsi qu'aux basses températures **(Barkat k., 2016).**

*** Les Nitrites ($NO2^-$)**

Les nitrites jouent un rôle intermédiaire essentiel dans le métabolisme des composés azotés et s'intègrent dans le cycle de l'azote entre l'ammoniac et les nitrates. Leur présence résulte soit de l'oxydation bactérienne de l'ammoniac, soit de la réduction des nitrates. Ils correspondent à une phase transitoire, car ils sont rapidement transformés en nitrates par des processus chimiques et biologiques. Une teneur élevée en nitrites peut indiquer la présence de substances toxiques, et ces composés sont particulièrement dangereux pour les jeunes poissons.

Une situation est considérée comme critique lorsque la concentration dépasse 3 mg de $NO_2^-$/l **(De Villers *et al.*, 2005).**

*** L'Azote ammoniacal ($NH4^+$)**

L'azote ammoniacal est couramment présent dans les eaux de surface et provient principalement de la décomposition de la matière organique d'origine végétale et animale dans les cours d'eau. La nitrification des ions ammonium se déroule en milieu faiblement aérobie. En règle générale, l'ammonium est rapidement oxydé en nitrites puis en nitrates grâce à l'action des bactéries ***(*Bremond *et al.*, 1973*).*** L'ammonium n'est pas toxique en soi. Toutefois, lorsque le pH augmente, il se transforme en ammoniac, un gaz soluble dans l'eau et nocif pour les organismes aquatiques. Des effets néfastes peuvent apparaître dès une concentration de 0,1 mg NH3+/l **(De Villers *et al.*, 2005).**

### 6.4. Evaluation de la qualité des eaux

Plusieurs méthodes et outils sont employés pour apprécier la qualité des cours d'eau. L'évaluation de la qualité physicochimique des eaux repose notamment sur un système de classification permettant de caractériser leur état environnemental **(SEQ-Eau).**

#### 6.4.1. Le système d'évaluation de la qualité (SEQ-Eau)

Le Système d'Évaluation de la Qualité de l'Eau (SEQ-Eau) constitue un outil permettant d'apprécier la qualité des ressources hydriques ainsi que leur capacité à répondre à différents usages et fonctions. Fondé sur l'analyse de plusieurs paramètres physico-chimiques, ce système fournit un diagnostic détaillé de l'état des eaux et facilite l'identification des mesures correctives nécessaires à l'amélioration de leur qualité en fonction des objectifs d'utilisation visés **(Boissonneault, 2009).**

#### 6.4.2. Normes et classes de la qualité des eaux superficielles

La qualité des eaux de surface présente une variabilité temporelle importante sous l'influence de nombreux facteurs environnementaux et anthropiques. Afin de disposer d'une vision globale de l'état d'un cours d'eau et d'en assurer le suivi dans le temps, le Système d'Évaluation de la Qualité de l'Eau (SEQ-Eau) a développé un outil permettant d'apprécier de manière synthétique la qualité des eaux superficielles. Cet outil vise également à évaluer leur aptitude à maintenir les équilibres biologiques et à répondre aux différents usages. Dans ce cadre, l'Agence de Bassin Hydrographique (ABH) s'est inspirée du SEQ-Eau pour établir une classification des eaux de surface (tableaux 2 et 3), fondée sur une grille d'évaluation de leur qualité.

**Tableau 2 :** Grille de classification de la qualité des eaux superficielles **(ABH-CSM , 2009).**

| **Paramètre** | **Unité** | **Très bonne** | **Bonne** | **Passable** | **Mauvaise** | **Très mauvaise** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Oxygène dissous ($O_2$) | mg/L $O_2$ | > 7 | 5 – 7 | 3 – 5 | < 3 | 0 |
| DCO | mg/L $O_2$ | ≤ 20 | 21 – 30 | 31 – 40 | 41 – 80 | > 80 |
| $DBO_5$ | mg/L $O_2$ | ≤ 3 | 4 – 6 | 7 – 10 | 11 – 25 | > 25 |
| $NH_4^+$ | mg/L | ≤ 0,5 | 0,5 – 1,5 | 1,5 – 2,8 | 2,8 – 4 | > 4 |
| $NO_3^-$ | mg/L | ≤ 2 | 2 – 10 | 10 – 25 | 25 – 50 | > 50 |
| $PO_4^{3-}$ | mg/L | ≤ 0,1 | 0,1 – 0,5 | 0,5 – 1 | 1 – 2 | > 2 |
| $NO_2^-$ | mg/L | ≤ 0,03 | 0,03 – 0,3 | 0,3 – 0,5 | 0,5 – 1 | > 1 |
| Conductivité | µS/cm | 180 – 2500 | 2500 – 3000 | 3000 – 3500 | 3500 – 4000 | > 4000 |

**Tableau 3 :** Classification de la qualité des cours d'eau en Algérie selon les critères de ABH-CSM **(ABH-CSM , 2009).**

| Critère | Très bonne | Bonne | Passable | Mauvaise | Très mauvaise |
|---|---|---|---|---|---|
| **Qualité chimique** | Eau exempte de pollution | Eau de qualité légèrement altérée, adaptée à la plupart des usages | Eau de qualité moyenne, acceptable pour les usages peu exigeants | Eau polluée, impropre au maintien de la vie aquatique | Eau fortement polluée, impropre à tout usage et susceptible de présenter un risque pour la santé publique et l'environnement |
| **Qualité biologique** | Présence de l'ensemble des taxons indicateurs | Absence de certains taxons sensibles | Disparition de nombreux taxons sensibles | Diversité biologique faible | Diversité biologique très faible |
| **Aptitude à la potabilisation** | Eau directement acceptable | Nécessite un traitement simple | Nécessite un traitement conventionnel | Nécessite un traitement poussé | Eau impropre à la consommation |

### 6.4.3. Evaluation bactériologique des eaux

Les eaux de surface abritent naturellement une grande diversité de microorganismes. Parmi ceux-ci, certains jouent un rôle écologique fondamental en participant à la dégradation de la matière organique ainsi qu'au recyclage des éléments nutritifs indispensables au maintien des communautés aquatiques et au fonctionnement de la chaîne trophique **(Hébert et lecar , 2000)**.

## 7. Survie des microorganismes dans l'eau

### 7.1. Facteurs influençant la mortalité des microorganismes

L'eau est un milieu hostile pour la plupart des microorganismes pathogènes. Après leur introduction, ceux-ci vont disparaître à des vitesses variables selon leur nature et leurs propriétés. Ce sont surtout les pathogènes de l'intestin qu'il paraît opportun de considérer puisque les contaminations sont en effet pour la plupart d'origine fécale. Dans l'environnement, les bactéries

sont fréquemment soumises à des agressions, à des atteintes, à des stress qui les rendent incapables de se multiplier sur un milieu habituellement favorable. Ces agressions physiques (température, radiations, pression…) ou chimiques (pH, antiseptiques, antibiotiques…) produisent des altérations cellulaires ou moléculaires, structurales ou fonctionnelles qui ne sont pas nécessairement fatales, car, le plus souvent, réparables dans certaines conditions. On les qualifie d'agressions subléthales. Ces bactéries, impuissantes à se multiplier, possèdent pourtant toutes leurs capacités, tout leur potentiel enzymatique en particulier ; on dit souvent qu'elles sont viables c'est à dire aptes à vivre et à croître. La mortalité des bactéries pathogènes est influencée par les facteurs environnementaux:

* Le taux de mortalité augmente avec la température. Il est donc plus élevé en été qu'en hiver à cause de la température mais aussi du fait de l'action du rayonnement solaire.

* Il est bien connu également que les valeurs de pH comprise entre 6 et 8 sont les plus favorables à la survie .

* les fortes acidités ou alcalinités sont nuisibles .

* les modifications subites de pH, au dessus ou en dessous de la neutralité, accélèrent la vitesse de la mortalité d'une façon considérable.

* L'aérobiose serait aussi plus favorable à la survie que l'anaérobiose.

* Le rôle des facteurs nutritionnels est complexe : un taux de substances nutritives élevé, comme celui qui se présente dans les effluents d'eaux usées ou dans les suspensions de matières fécales, peut prolonger la survie ou même favoriser la croissance bactérienne. D'un autre point de vue, ces constituants peuvent favoriser la croissance des prédateurs bactériens. En présence d'un taux faible de substances on observe habituellement une réduction substantielle des bactéries ( **Haslay, C., Leclerc, H. 1993) .**

### 7.2. Survie des bactéries

La capacité de survie des micro-organismes dépend de leur nature, qu'il s'agisse de bactéries, de virus ou de protozoaires. Il est souvent difficile de distinguer l'influence des caractéristiques intrinsèques de résistance des micro-organismes de celle des conditions environnementales. Par exemple, parmi les bactéries, les Salmonella sont reconnues pour leur grande résistance ( **Cherif, H., *et al* 2001).**

Parmi toutes les bactéries pathogènes, *Yersinia enterolitica* présente la plus grande capacité de survie. Cette espèce, bien qu'elle soit pathogène pour l'homme, a la particularité de pouvoir se multiplier à basse température, notamment à +4 °C, ce qui expliquerait sa persistance dans les milieux aquatiques. En revanche, les *E. coli* entéropathogènes ont une durée de survie

relativement courte, d'environ 10 jours, nettement inférieure à celle des *E. coli* non pathogènes, qui peuvent survivre jusqu'à environ 60 jours **.** De façon générale, les bactéries d'origine intestinale ne survivent pas durablement dans le milieu aquatique. Elles subissent un stress physiologique qui réduit progressivement leur capacité à se multiplier sur des milieux sélectifs et différentiels. Cependant, ces coliformes stressés peuvent être réactivés avant leur identification ( **Haslay, C., Leclerc, H. 1993) .**

### 7.3. Survie des virus et des protozoaires

Dans les milieux aquatiques, les virus ne peuvent pas se reproduire et finissent donc par disparaître sous l'action des facteurs physico-chimiques et biologiques. La température joue un rôle important : les basses températures favorisent leur survie, tandis que les températures élevées les inactivent. De plus, un pH alcalin, lié à la présence de composés ammoniacaux, contribue également à leur inactivation. La survie des virus est plus longue dans une eau pure et pauvre en matière organique, notamment dans l'eau distillée ou désionisée où leur persistance est maximale.

Quant aux protozoaires, leurs formes kystiques présentent une résistance très élevée, supérieure à celle des virus et des bactéries. Les kystes de Giardia ne sont pas éliminés par la chloration classique et nécessitent des traitements combinés de coagulation, de sédimentation et de filtration pour être efficacement éliminés ( **Haslay, C., Leclerc, H. 1993).**

## 8. Infections d'origine hydrique

Au cours du XIXe siècle, les maladies liées à l'eau ont provoqué à l'échelle mondiale de nombreuses épidémies de dysenterie, de fièvre typhoïde, de choléra et autres. Actuellement, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) estime que la mauvaise qualité microbiologique de l'eau potable demeure la principale cause des problèmes de santé **Servais, P.(1999) Lesne, J. (1998). George, I. (2002) . Kreisei, W. (1990).** Les maladies hydriques se transmettent généralement par la voie féco-orale, et l'infection de l'homme peut survenir soit par la consommation d'aliments contaminés par l'eau, soit lors de baignades ou de contacts avec des eaux utilisées à des fins récréatives **George, I. (2002) .** Ces maladies sont le plus souvent associées à la présence de bactéries pathogènes ou opportunistes. Elles peuvent également être causées par des protozoaires, des parasites et des virus. Il convient aussi de noter que certaines intoxications peuvent résulter de la présence d'algues eucaryotes ou de cyanobactéries **Guiraud, J. P. (1998) . Payment, P., Hartman, P. (1998).**

Cependant, les maladies hydriques regroupent un large ensemble d'affections d'origine bactérienne, parasitaire ou virale, comme indiqué dans le tableau 04. Les avancées scientifiques, associées à l'amélioration de l'hygiène individuelle et collective, au développement des

techniques de production d'eau potable et à la mise en place de contrôles stricts de l'eau destinée à la consommation humaine, ont permis de presque éliminer les formes les plus graves de ces maladies dans les pays occidentaux. Néanmoins, elles restent encore un problème majeur dans certains pays en développement **(George, I. 2002).**

**Tableau 4 :** Maladies transmissibles par voie hydrique ou fortement associées à la présence et à l'utilisation de l'eau **( Leclerc, H *et al* ., 1982 ) , ( Rodier, J *et al* ., 1996 ).**

| classification | microorganisme | pathologie | Origine de contamination |
|---|---|---|---|
| **Bactéries** | ***Aeromonas spp*** | GE et syndromes cholériques | I |
| | ***Campylobacter jejuni/ Campylobacter coli*** | GE | I |
| | ***Clostridium perfringens*** | GE | I |
| | ***E.coli entéropathogènes, entérotoxiques, entéroinvasives*** | GE et syndromes choléri formes | I |
| | ***Legionella pneumophila*** | Pneumopathie ,fièvre | Inhalation d'aérosols |
| | ***Leptospira spp*** | Leptospiroses ictérohémorragiques | C (baignade,eaux,aliments) |
| | ***Pseudomonas aeruginosa*** | Infections cutanées, suppuratives,ou éruptives Surinfections ,pneumopathies | C |
| | ***Salmonella typhiques et paratyphiques*** | Fièvres typhoïdes | I (eaux,coquillages) |
| | ***Salmonella*** | GE | I |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | ***typhimurium*** ***Salmonella enteridis*** | Infections systémiques | |
| | ***Shigella dysenteriae*** | GE et dysentérie | I |
| | ***Shigella sp*** | GE | C (baignades) |
| | ***Staphylococcus aureus*** | Infections cutanées suppuratives | C |
| | ***Vibrio cholerae ;Vibrio spp Vibrio parahaemolyticus*** | GE et cholera infections cutanées GE | I (eaux,coquillages) Coquillages,poissons |
| | ***Yersinia enterolitica*** | GE | I |
| **Virus** | ***Adénovirus*** | GE Pharyngite,conjonctivite | I C,piscines |
| | ***Entérovirus*** | Poliomyélite,affections neurologiques,respiratoires,cutanées ,musculaires et cardiaques | I |
| | ***Hépatite A virus(HAV) Hépatite E virus(HEV)*** | Hépatites | I (eaux,coquillages) |
| | ***Papilloma virus*** | verrues | C (en piscine) |
| | ***Rotavirus*** | GE | I |
| **Protozoaires** | ***Amibes : Naegleria,Entamoeba , Acanthamoeba,Balantidium*** | Amibiase kératite | I (kystes) C |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | ***Cryptosporidium pavum*** | GE | I |
| | ***Giardia lamblia, Giardia intestinalis*** | GE<br>giardiase | I (kystes) |
| **Helminthes** | ***Anguillules*** | anguillulose | C (baignades en piscine)<br>I |
| | ***Ankylostoma duodenale Ankylostoma brasiliensis*** | Ankylostomiase | C (larves) |
| | ***Ascaris lumbricoides*** | Ascaridiose | I (larves) |
| | ***Schistosoma*** | Bilharziose | C (voie transcutanée) |
| | ***Taenia saginata Taenia solium*** | Teniasus | I irrigation par eaux usées |
| **Fungi** | ***Candida albicans*** | Candidose | C(baignades en mer,piscines) |
| | ***Dermatophytes : Trichophyton,Microsporium Trichosporium*** | Mycoses cutanées | C(eaux de mer,sables) |

**I** : contamination par ingestion d'eau .

**C** : contamination par contact avec l'eau contaminée .

**GE** : gastro-entérites(se traduisant par douleurs abdominales,diarrhées,vomissements,fièvre,à des degrés divers) .

**spp** : diverses espèces.

**a. Le Cholera**

Le choléra est une maladie diarrhéique hautement contagieuse causée par un bacille Gram négatif appelé *Vibrio cholerae*. Cette bactérie, strictement liée au système digestif, peut vivre à l'état saprophyte dans les eaux et les estuaires. Les souches responsables de la maladie se

transmettent par voie orale, via l'eau ou des aliments contaminés, et appartiennent principalement aux sérogroupes O1 et O139 **(OMS, 2020) .**

- **Mode de transmission**

* Transmission directe : par contact avec des mains souillées.

* Transmission indirecte : par des vecteurs de virus, principalement l'eau (maladies hydriques).

* Transmission par vecteurs biologiques : notamment les mouches **(Saidani et Hammadi, 2017).**

- **Symptômes**

- Diarrhée abondante, parfois incontrôlable, avec présence de selles ressemblant à des grains de riz ou simplement de mucus, accompagnées d'une odeur forte et désagréable.
- Douleurs abdominales associées à des vomissements.
- Crampes musculaires, chute de la pression artérielle, accélération du pouls et de la respiration.
- Température corporelle normale ou parfois diminuée.

Dans les cas non mortels, une amélioration est généralement observée dès le troisième jour, avec une diminution progressive des symptômes **(Saidani et Hammadi, 2017).**

**b. La fièvre typhoïde**

La fièvre typhoïde est une infection contagieuse d'origine toxique, soumise à déclaration obligatoire. Elle se manifeste par une bactériémie ayant pour origine le système lymphatique mésentérique. Cette maladie est causée par une bactérie strictement humaine, *Salmonella enterica*, notamment les sérotypes Typhi (bacille d'Eberth) et Paratyphi A, B ou C **(Mohammed *et al.* 2014).**

- **Mode de transmission**

* Transmission indirecte (95 %) : par l'eau contaminée, les aliments souillés et les coquillages consommés crus.

* Transmission directe (5 %) : par voie oro-fécale, notamment à partir de porteurs chroniques **(Makram, 2018).**

- **Symptômes**

* Phase d'incubation : période comprise entre la contamination et l'apparition des premiers symptômes, d'une durée d'environ deux semaines.

* Phase d'invasion : caractérisée par une forte fièvre (40 °C), des céphalées, des insomnies, des vertiges, des saignements de nez (épistaxis), une perte d'appétit (anorexie), des nausées ainsi que des troubles digestifs tels que diarrhée ou constipation. Le diagnostic s'appuie sur l'absence de vaccination et un séjour récent en zone tropicale.

* Phase d'état : marquée par une fièvre élevée (40 °C), une diarrhée et des troubles de la conscience **(Makram, 2018) .**

**c. Legionella**

On a identifié pour la première fois les Légionellae comme des agents pathogènes humains suite à une épidémie de pneumonie survenue en 1976 parmi des membres de « l'American Legion » à Philadelphie **(Goita, 2014).**

Les légionelles, des bacilles Gram négatifs, font partie de la famille des Legionellaceae. On les trouve dans des milieux d'eau douce (tels que les lacs, les rivières et les eaux stagnantes), mais aussi dans la terre humide et les composts : ce sont des bactéries hydrotelluriques (associées à l'eau et aux sols) **(Simon *et al.*,2004) .**

- **Mode de transmission**

Le réservoir est majoritairement composé d'eau. Lors d'épidémies, les installations qui encouragent la prolifération des légionelles sont souvent désignées comme sources de contamination. Dans de l'eau dont la température est d'environ 37°C, suivie d'une aérosolisation. On compte parmi ces éléments les systèmes d'eau chaude sanitaire (douches), les climatiseurs et tours de refroidissement par air, les aérosols médicaux pour soins respiratoires ainsi que les eaux thermales. Pour le moment, aucun cas de transmission entre humains n'a été signalé **(Roland, 2010).**

- **Symptômes**

Cette maladie est généralement définie par la présence d'une pneumonie aiguë. Une vaste gamme de symptômes cliniques, depuis la toux accompagnée d'une fièvre légère jusqu'à l'insuffisance respiratoire. En général, les symptômes ne sont pas spécifiques : fièvre, douleurs musculaires, anorexie, maux de tête. On constate des symptômes gastro-intestinaux dans 20 à 40 % des situations **(Roland, 2010) .**

**d. Gastro-entérites aigues et diarrhées**

Dans les pays développés, les gastroentérites aiguës bactériennes, qui peuvent être gravissimes chez le nourrisson, sont considérablement plus rares, ne représentant que 5 à 15% des cas. Les microorganismes détectés se composent principalement de salmonelles, shigelles, Campylobacter jejuni et Escherichia coli (qu'il s'agisse de la variété entéropathogène, entérotoxinogène, entéro-invasif ou entéro-hémorragique) **(Danjou, 2012).**

- **Modes de transmission**

Les infections entériques sont fréquemment diffusées de manière indirecte à travers le contact avec des surfaces polluées par les micro-organismes présents dans les fèces. L'importance du portage en utilisant les bras est essentielle et occupe une position spécifique

chez les enfants par le biais de la méthode mains-bouche. En outre, les enfants de moins de 5 ans sont exposés à une multitude de surfaces qui pourraient être contaminées par les mains : endroits où l'on change les couches, sols, jouets. Ces surfaces demeurent infectées par des agents pathogènes pendant quelques heures, jours ou même jusqu'à plusieurs semaines. Il n'a pas été prouvé de manière formelle que les infections digestives se transmettent par voie aérienne **(Sacri, 2014) .**

- **Symptôme**

Les gastro-entérites se traduisent par une diarrhée soudaine, caractérisée par des émissions fréquentes de selles quotidiennes :

- Elles peuvent être abondantes, liquides et aqueuses, correspondant à une diarrhée sécrétoire de type cholériforme, généralement sans fièvre, pouvant entraîner une déshydratation ; les signes généraux sont rares et les douleurs abdominales restent modérées.
- Elles peuvent aussi être d'aspect fécal avec présence de sang et de glaires, traduisant une diarrhée invasive ou inflammatoire de type dysentérique (glaires, rectorragies, faux besoins), où le risque de déshydratation est moindre mais les manifestations générales sont plus fréquentes.

Cette diarrhée peut s'accompagner d'autres symptômes tels que fièvre, douleurs abdominales, nausées, vomissements, anorexie, fatigue, maux de tête, douleurs articulaires et musculaires, ainsi que des ballonnements ; parfois, les vomissements peuvent être le signe prédominant **(Perronne, 2010).**

**9. Les maladies à transmission hydriques Algérie**

Au cours des dix dernières années, des pathologies telles que la fièvre typhoïde, la dysenterie, l'hépatite virale de type A ainsi que les toxi-infections alimentaires collectives constituent les principales affections associées à la transmission hydrique en Algérie.

Les figures 02, 03 et 04 mettent en évidence une diminution significative des maladies à transmission hydrique (MTH) au cours de la dernière décennie. En effet, leur taux est passé de 33 % en 2000 à 25,1 % en 2015. Par ailleurs, ce groupe de pathologies est majoritairement dominé par les toxi-infections alimentaires collectives (TIAC), qui représentent 79,5 % des cas recensés, suivies de l'hépatite virale de type A (HVA) avec 17,2 %, de la dysenterie (2,0 %) et, enfin, de la fièvre typhoïde avec une proportion plus faible **(Kherifi et Bekiri, 2017).**

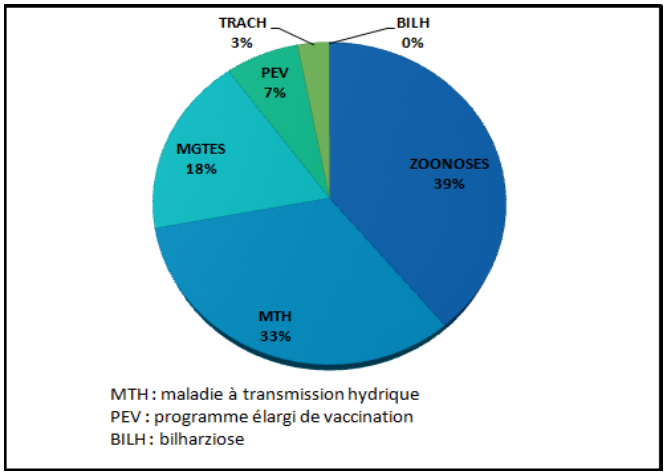



**Figure 02 :** Distribution des cas déclarés selon les différentes catégories de maladies en Algérie. Année 2000 **(INSP, 2000)**

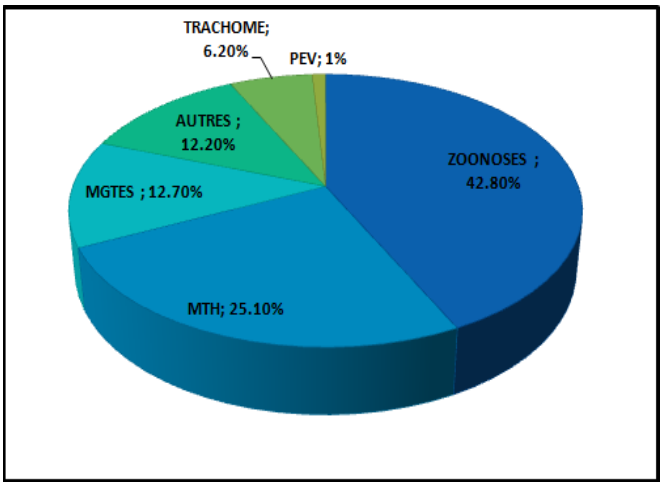



**Figure 03 :** Ventilation des déclarations de cas selon les groupes de maladies en Algérie. Année 2015 **(INSP, 2015)**

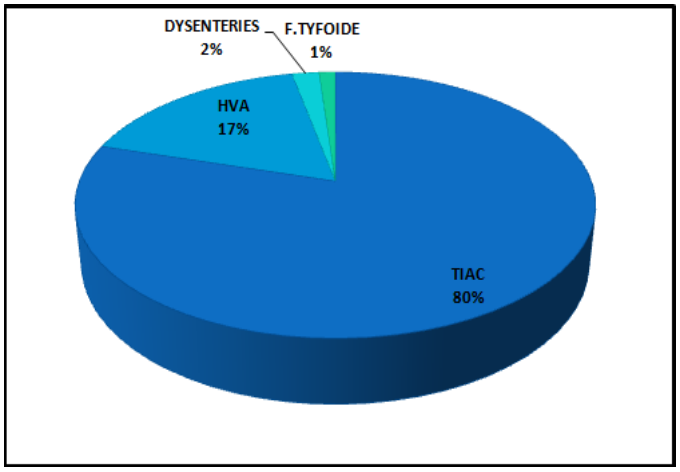



**Figure 04 :** Distribution des maladies à transmission hydrique en Algérie au cours de l'année 2015**. (INSP, 2015)**

# CHAPITRE II : DESCRIPTION DU SITE D'ETUDE

## 1. Localisation et présentation de la zone d'étude

### 1.1. Situation géographique

La wilaya de Mila se trouve au nord-est de l'Algérie à une altitude de 464 mètres, et elle est distante de 73 km de la mer Méditerranée. Elle est intégrée à l'Est de la chaîne de l'Atlas tellien, par une suite de montagnes qui s'étire de l'ouest vers l'est sur toute la portion nord du pays **(Andi , 2013).** Elle s'étend sur une superficie totale de 3480,54 km², représentant 0,14 % de la superficie totale du pays, et comptait en décembre 2011 une population de 810370 habitants. C'est suite à la division administrative de 1984 que Mila a été segmentée en 32 communes **(Chaalal, 2012).**

La wilaya de Mila est entourée par plusieurs wilayas limitrophes :

- Au nord-ouest, elle est bordée par Jijel
- Au nord-est, elle est limitrophe de Constantine et Skikda
- À l'ouest, elle est délimitée par Sétif
- Au sud-est, elle est voisine de Oum El Bouaghi
- Au sud, elle est bordée par Batna (voir figure 05 )

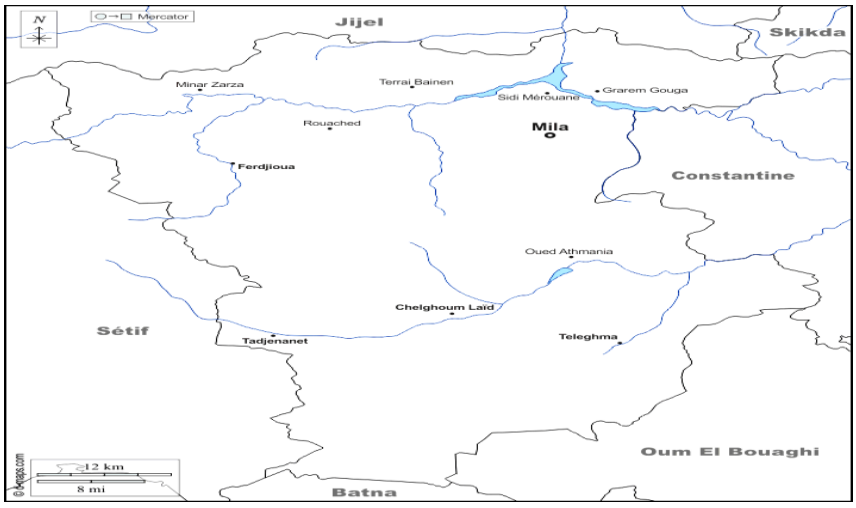



**Figure 05 :** Situation géographique et limites de la wilaya de Mila **(CETIC, 2009).**

Les principales données relatives à la wilaya sont les suivantes :

- La superficie est estimée à 3480,54 km².
- La population atteint environ 810370 habitants.
- Elle compte 32 communes.
- Son code administratif est 43.
- Elle a été promue wilaya en 1984.
- La densité de population est d'environ 232,82 habitants/km² **(Chahlat F , Kerdoud K.,2019).**

### 1.2 . Réseau hydrographique

Le secteur Nord de la wilaya est traversé par un dense réseau hydrographique formé de nombreux petits ruisseaux qui alimentent des Oueds d'importance : Oued Endja, Oued el Kébir et Oued el Rhumel. Ces derniers traversent les hautes plaines de la région (de l'est à l'ouest) et sont alimentés par plusieurs affluents majeurs : Oued Méhari, Oued Tajenanet et Oued Athmania, sans oublier le barrage de transfert Sidi Khelifa **(Zouaidia, 2006).**

#### 1.2.1. Principaux oueds de la wilaya de mila

Deux rivières majeures traversent le bassin du Kébir-Rhumel : l'oued Rhumel au sud et l'oued Endja à l'ouest. L'union de ces deux oueds en aval de Grarem forme l'Oued El Kébir, qui se dirige vers le nord pour rejoindre la Méditerranée.

- **Oued Rhumel :** Il s'agit du cours d'eau le plus significatif du kébir-Rhumel, avec une longueur dépassant les 123 km.Il trouve son origine dans les hautes plaines de Sétif, traverse les gorges de Constantine jusqu'à atteindre le point de rencontre avec l'Oued Endja et continue par la suite Appellation d'El Kébir.
- **Oued Endja :** avec une longueur de 15 km, il prend source à la jonction de l'Oued El Kébir et de l'Oued Redjes.Le lit du barrage Beni Haroun présente une configuration lithologique très pertinente en termes d'hydrologie, ce qui justifie la densité du réseau hydrologique observé .
- **Oued El Kébir :** il découle des deux oueds précédents, Rhumel et Endja, mesure 56 km de long et se jette dans la mer.
- Le bassin du Kébir-Rhumel est caractérisé par une densité élevée de chevelure hydrologique. compreant un réseau s'étendant sur plus de 4200 km **( Melghit M , 2012).**

### 1.3. Le climat

La wilaya possède un climat de nature méditerranéenne **(Zouaidia, 2006)**, Elle se trouve dans la zone bioclimatique subhumide, qui est globalement marquée par deux saisons bien définies : un hiver froid et humide, et un été chaud et sec **(Benchikh *et al.*, 2013).** L'été s'étend de mai à octobre, avec des variations saisonnières et géographiques **(Zerrougui, 2019)**. Dans cette wilaya, le niveau de précipitation fluctue entre 600 et 700 mm par an dans la zone montagneuse, entre 400 et 600 mm par an dans la région centrale et atteint environ 350 mm par an au sud **(Benchikh *et al., 2013).***

#### 1.3.1. La synthèse climatique

La synthèse climatique s'appuie sur le diagramme Ombrothermique élaboré par Bagnouls et Gaussen ainsi que sur le limagramme d'Emberger.

### 1.3.1.1. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

La technique de Bagnouls et Gaussen nous offre la possibilité de déterminer la longueur de la saison sèche en positionnant la moyenne annuelle des précipitations et la température sur des axes où le premier est échelonné à deux fois celui du second. La saison sèche se manifeste lorsque la courbe représentant les précipitations croise et descend en-dessous de celle des températures **(Bagnouls et Gaussen, 1957).**

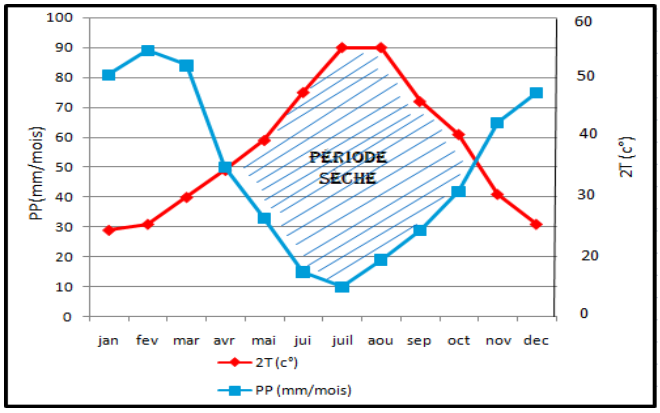



**Figure 06 :** Diagramme ombrothermique selon la méthode de Bagnouls et Gaussen appliqué à la région de Mila. « 2009-2018 » **(Chahlat F,Kerdoud K.,2019).**

L'examen de ce schéma révèle une succession entre deux phases distinctes : la saison sèche dure approximativement 7 mois, de la mi-avril à fin octobre ; tandis que la phase humide se prolonge du mois de novembre jusqu'au début d'avril et dure environ cinq mois.

### 1.3.1.2. Quotient pluviothermique d'Emberger

Cet indice nous guide dans la classification des 5 sortes de climats méditerranéens, du plus sec au climat de haute montagne **(Emberger, 1955).** Pour identifier l'étage bioclimatique d'une zone, il est nécessaire de calculer le quotient pluviothermique « Q2 » d'Emberger. Il se fonde sur le système de précipitations et de températures et est formulé de la manière suivante :

$$Q = \frac{1000.P}{\left\lfloor \frac{M+m}{2} \right\rfloor (M-m)}$$

• Q = Quotient de précipitation d'Emberger ;

• P = Moyenne annuelle des précipitations (mm) ;

• M = Températures maximales du mois le plus chaud (k)

• m = Températures les plus basses enregistrées durant le mois le plus froid (k).

On exprime les températures en degrés absolus [T k = T c°+ 273,15].

Les informations climatiques pour la zone de Mila couvrant la période de 2009 à 2018 indiquent que :

P = 590,76 mm.

M = 26.8c° = 299.95 k Donc : **Q = 110,42**

m = 8,4 c° = 281,55 k

Selon les données climatiques et la valeur du **Q2** indice de climagramme d'Emberger nous indique que la région de la wilaya de « Mila » appartient a l'étage bioclimatique de végétation subhumide à hiver chaud **(Figure 07 ).**

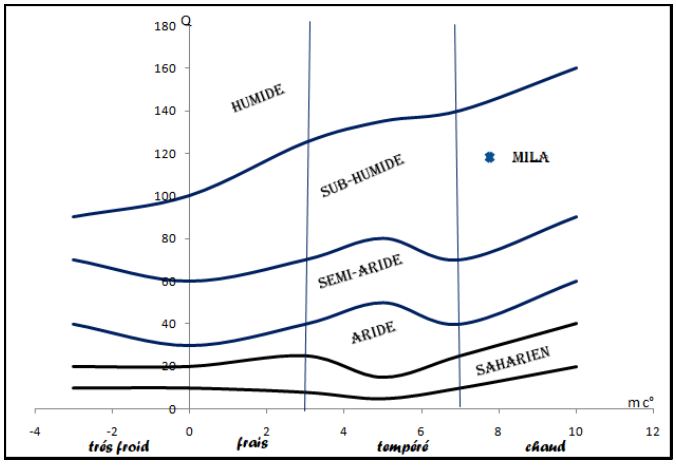



**Figure 07:** Situation de la région de Mila dans le climagramme d'Emberger « 2009,2018 ».

**(Boulben *et al*., 2020).**

### 1.4. Les facteurs climatiques

Le climat est sans nul doute l'élément central de l'environnement. Il affecte directement la biodiversité et les écosystèmes **(Metallaoui, 2010)**. Depuis environ deux décennies, l'impact potentiel et avéré des changements climatiques sur la biodiversité a généré une pléthore de publications scientifiques **(Ramade, 2003).** Il montre une influence sur les oiseaux migrateurs : changement des moments de migration, altération de la reproduction et du taux de survie des espèces, mutation des régions de nidification et d'hivernage. Notre région d'analyse se distingue par un climat de style méditerranéen, dont le régime climatique est influencé principalement par deux facteurs: les précipitations météorologiques et la température **(Boulbair et Soufane, 2011)**. Elle se caractérise généralement par :

* Une saison hivernale humide et pluvieuse qui s'étend de novembre à avril.

* Et une période d'été prolongée, chaude et sèche, allant de mai à octobre **(Zouaidia, 2006).**

### 1.4.1. La pluviométrie

La précipitation joue un rôle crucial dans le cycle écologique, le régime des eaux et l'activité agricole. L'aspect notable de cette wilaya est la fluctuation annuelle des précipitations. L'apport en eau est inégalement réparti tout au long de l'année, les précipitations étant principalement concentrées dans la période froide qui commence en novembre et se termine en avril. L'impact sur les réserves d'eau est notable, que ce soit en cas de déficit ou d'excès de précipitations : quantités déployées et quantités utilisées **(Goard et Tabeaud, 2002).**

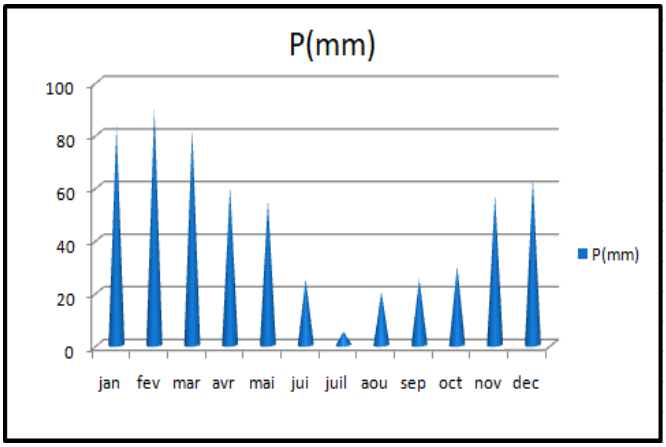



**Figure 08 :** Évolution de la moyenne mensuelle des précipitations dans la région étudiée **( office nationel de la météorologie (ONM) , station métérologique de mila ) .**

D'après les données climatiques relatives à la wilaya de Mila **(Figure 08 ) ,** les précipitations présentent une distribution temporelle irrégulière. La moyenne annuelle enregistrée pour la période 2025/2026 s'élève à 550 mm. Le maximum pluviométrique est observé au mois de février avec 90 mm, tandis que le minimum est enregistré en juillet avec 5 mm, caractérisant ainsi la période la plus sèche.

### 1.4.2. La température

La température exerce une influence directe et indirecte sur les organismes, dans la mesure où les conditions thermiques modifient également d'autres organismes avec lesquels ils entretiennent des interactions écologiques, souvent complexes. Elle agit directement sur la cinétique des réactions biologiques, ainsi que sur l'abondance et la croissance des individus **(Faurie *et al.*, 1980 ; Ramade, 1984).** Elle met en évidence que l'activité des organismes vivants est limitée à un intervalle thermique situé entre 0 et 35 °C.

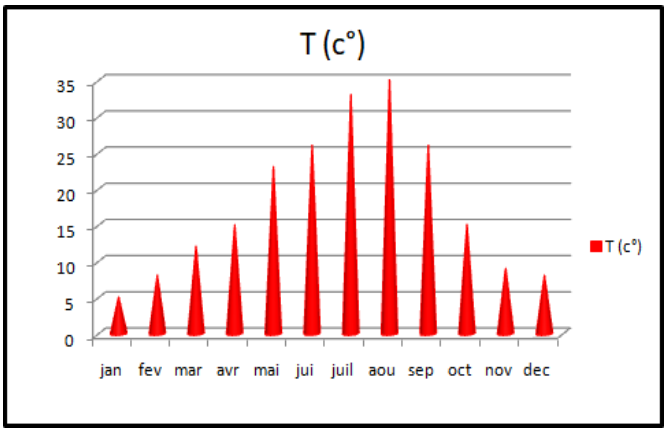



**Figure 09 :** Évolution de la moyenne mensuelle des températures dans la région d'étude **( office nationel de la météorologie (ONM) , station météorologique de mila ).**

Selon la figure 09 représentant l'évolution des températures moyennes mensuelles, les maxima thermiques sont principalement enregistrés durant la saison estivale (juin à septembre), avec un pic au mois d'août atteignant 35 °C. À l'inverse, les minima sont observés en période hivernale (décembre à mars), janvier se distinguant comme le mois le plus froid avec une température minimale de 5 °C.

### 1.4.3. Humidité

Il s'agit du rapport entre la teneur en vapeur d'eau d'un volume d'air donné et sa capacité maximale de saturation à température constante **(Villemeuve, 1974)**. Elle dépend de divers paramètres climatiques, notamment la pluviométrie, la température et le vent **(Faurie *et al.*, 1980).**

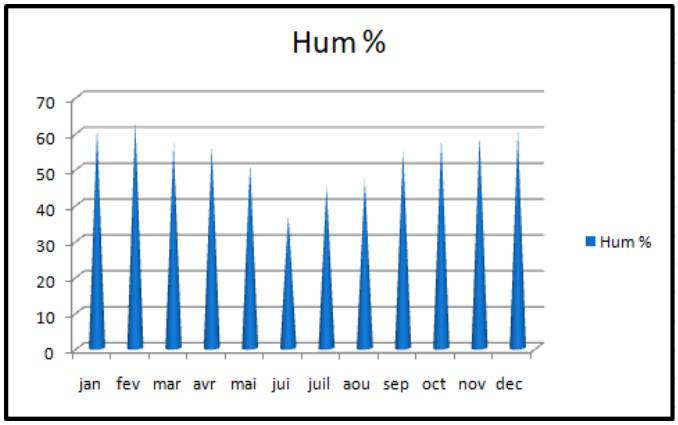



**Figure 10 :** Évolution de l'humidité moyenne mensuelle dans la région d'étude **( office nationel de la météorologie (ONM) , station météorologique de mila ) .**

Selon la figure 10 , l'humidité relative enregistrée dans la wilaya de Mila présente une variation mensuelle. Le minimum est observé en juillet avec 37 %, alors que les maxima sont atteints en février et en décembre avec 63 %.

### 1.4.4. Le vent

Le vent constitue un paramètre climatique important. Il agit en intensifiant l'évaporation, ce qui peut entraîner des conditions de sécheresse **(Seltzer, 1946).**

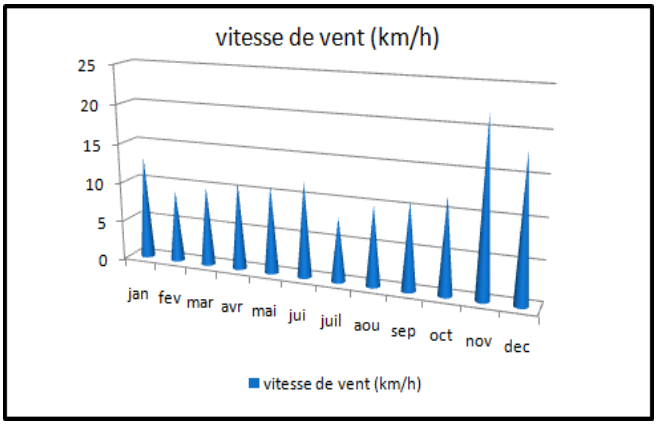



**Figure 11 :** Évolution mensuelle de la vitesse moyenne du vent dans la région d'étude **( office nationel de la météorologie (ONM) , station métérologique de mila ).**

Dans la wilaya de Mila, les vents dominants sont orientés vers le Nord-Ouest. La (Figure 11) indique que la vitesse maximale du vent est observée au mois de novembre, atteignant 22 km/h, tandis que la vitesse minimale est enregistrée en juillet avec une valeur de 8 km/h.

## 2. Situation géographique de Oued el-Kebir

L'Oued El-Kebir constitue l'élément hydrologique principal dans la wilaya de Mila (Est algérien). Il est alimenté par les apports des oueds Rhumel et Endja, et s'inscrit dans le grand bassin versant Kébir-Rhumel, qui couvre une superficie de 6595 km² **(Mebarki, 2009).**




**Figure 12 :** Carte de situation géographique de oued el-kebir **(Google earth 2026).**

### 3. Cadre biotique

Il est indispensable d'évaluer la biodiversité de la zone d'étude en identifiant et en recensant les différentes espèces fauniques et floristiques présentes.

### 3.1. La Faune

Selon les données fournies par la Conservation des forêts de la wilaya de Mila, les espèces de mammifères, de reptiles présentes dans cette région sont illustrées dans la figure ci-après.

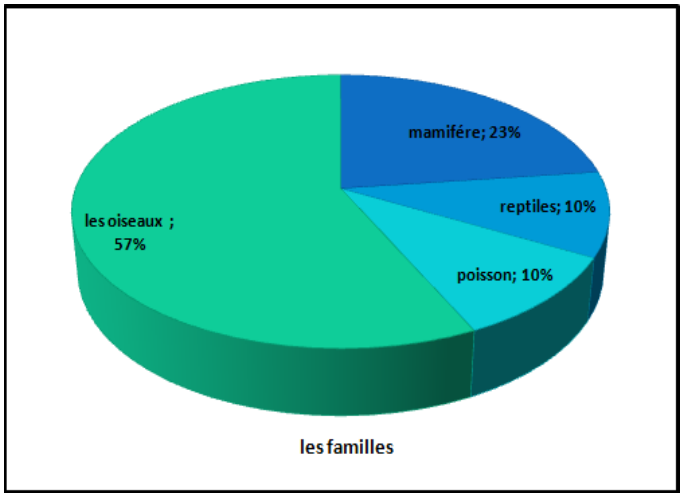



**Figure 13 :** La richesse faunistique de la région de Mila selon les données de la **Conservation des forêts de la wilaya de mila (2018).**

### 3.1.1. L'avifaune

Selon les informations de la Conservation des forêts, la figure suivante présente la répartition de l'avifaune terrestre recensée dans la wilaya de Mila.

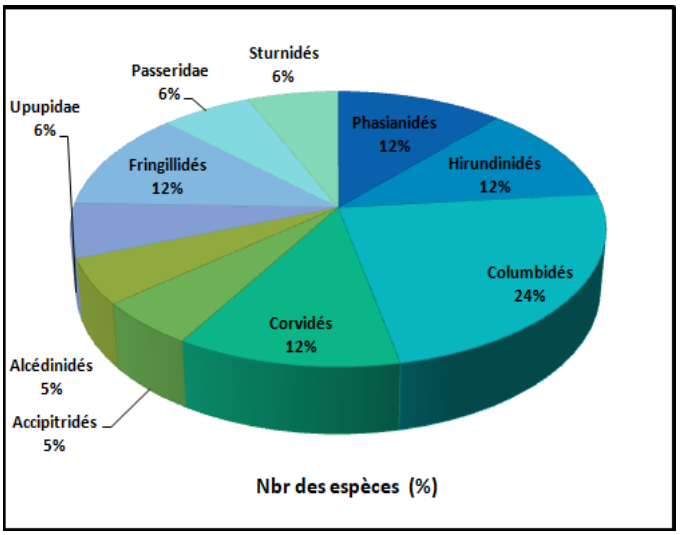



**Figure 14 :** Inventaire des espèces d'oiseaux terrestres recensées selon les données de la Conservation des forêts de la wilaya de mila **(2018).**

### 3.2. La Flore

* La superficie forestière de la wilaya de Mila s'étend sur 3870 ha, ce qui représente environ 9,7 % de la superficie totale de la wilaya.

* Le pin d'Alep est majoritairement localisé dans les massifs forestiers de Ferdjioua, Aïn Beïda, Bouhatem, Mila, Chelghoum Laïd, Teleghma et Tadjenanet.

* Le chêne-liège est principalement réparti dans les forêts de Grarem, Sidi Merouane, Tassadane et Taraibeinen.

* D'autres essences forestières sont également présentes, notamment le chêne zéen, le pin pignon et le frêne **(Berkal *et al,* 2014).**

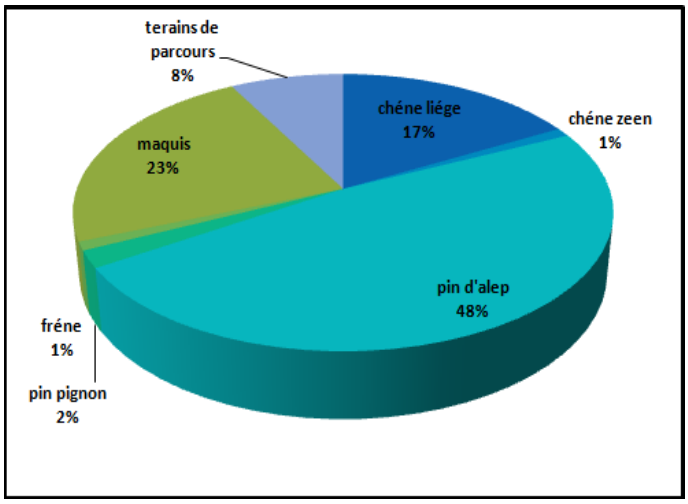



**Figure 15 :** Divers types de formations forestières caractérisent la wilaya de Mila. **(Conservation des forêts de Mila, 2018).**

# CHAPITRE III: MATERIELES ET METHODE

## 1. Caractéristiques du point de prélèvement

Pour suivre l'évolution bactérienne des eaux d'Oued elKebir-Mila, nous avons effectué Trois prélèvements durant le mois de février et le mois de mars et le mois d'Avril six sites ont été choisis Pour cette étude ; dans l'ordre deux sites par prélèvement **(Tableau 05) (Figure 16). (Figure 17).**

- **Tableau 5 :** Caractéristiques du point de prélèvement

| | **Station 01** | **Station 02** | **Station 03** |
|---|---|---|---|
| **Date de prélèvement** | 22/02/2026<br>15/03/2026<br>19/04/2026 | 22/02/2026<br>15/03/2026<br>19/04/2026 | 22/02/2026<br>15/03/2026<br>19/04/2026 |
| **coordonnés de prélèvement** | **Latitude :**<br>36°36′12" N<br>**Longitude :**<br>6°16′55" E | **Latitude :**<br>36°36′52" N<br>**Longitude :**<br>6°16′45" E | **Latitude :**<br>36°36′51" N<br>**Longitude :**<br>6°16′21" E |
| **elevation** | 195 m | 194 m | 193 m |




**Figure 16 :** Points des prélèvements hydrologiques de oued el-kebir **( source : Google earth 2026 ).**

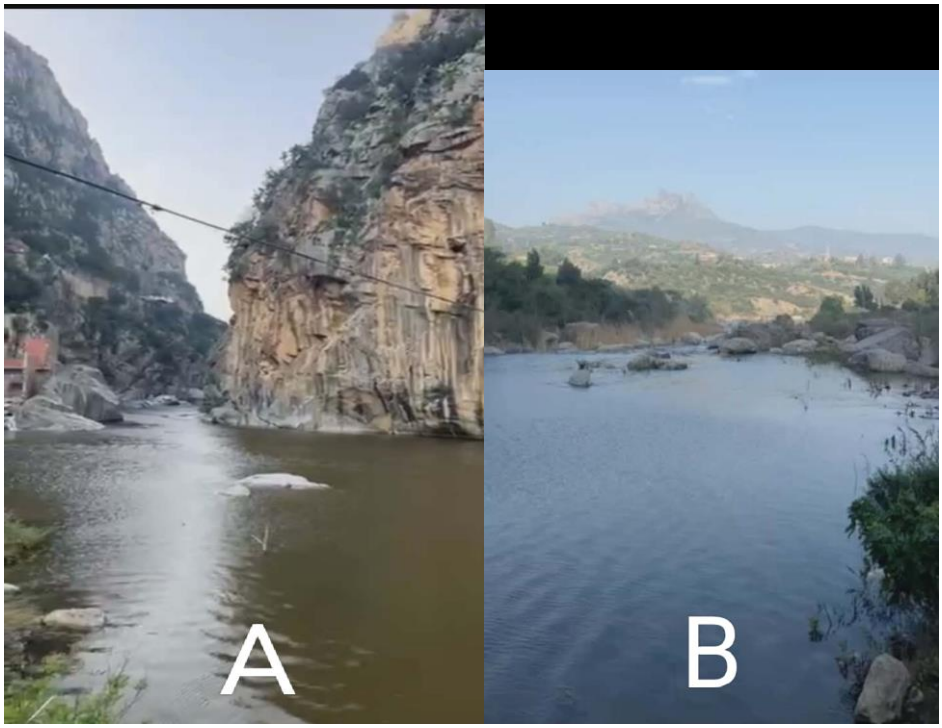



**Figure 17 :** Photos des points de prélèvements **(A :Site1, B :Site2). ( image personnelle prise le 22/02/2026 ).**

## 2. Echantillonnage

### 2.1 . Matériel d'échantillonnage

Pour les analyses physico-chimiques, l'utilisation de flacons jetables en verre ou en plastique s'est largement généralisée, en raison de leur praticité lors du transport et de leur caractère à usage unique **(Rodier, 2005).**

Pour les analyses microbiologiques, on utilise généralement des flacons stériles en verre ou en polypropylène, à large ouverture et d'une capacité d'environ 250 ml, en veillant à laisser un espace d'air d'au moins 2,5 cm. Les flacons en verre sont stérilisés par la chaleur, soit à l'autoclave à 120 °C pendant une heure, soit au four Pasteur à 180 °C durant une heure et demie **(Rodier, 2005).**

### 2.2. Mode de prélèvement de l'eau

Les prélèvements ont été réalisés en conformité avec les exigences d'asepsie décrites dans la littérature scientifique.

#### 2.2.1. Pour l' analyse physicochimique

Le mode de prélèvement dépend de l'origine de l'eau. Dans le cas d'un cours d'eau ou d'une nappe à surface libre, le flacon est immergé à une profondeur d'environ 50 cm, à distance du fond et de la surface, tout en étant suffisamment éloigné des berges ainsi que des obstacles naturels ou artificiels **(Rodier, 2005).**

### 2.2.2. Pour l'analyse microbiologique

L'échantillonnage ne se limite pas à un simple prélèvement d'une petite quantité d'eau destinée à l'analyse ; il a pour objectif de fournir des informations représentatives sur ses caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques.

Les points de prélèvement sont généralement sélectionnés dans des zones où la profondeur de l'eau varie entre 1 et 1,5 m. Le flacon est immergé dans l'eau, orienté vers le bas sous la surface, puis retourné afin de permettre son remplissage à la profondeur souhaitée, généralement autour de 30 cm **(Aouissi *et al.*, 2007).** Le flacon ne doit pas être totalement rempli ; il est nécessaire de ménager un léger espace d'air afin de permettre une homogénéisation adéquate de l'échantillon par agitation **(Lightfoot, 2002).**

### 2.3. Enregistrement et étiquetage des échantillons

Il est impératif que les échantillons soient correctement identifiés au moyen d'étiquettes apposées avant le prélèvement, lesquelles doivent être parfaitement lisibles et indélébiles.

Sur ces étiquettes, il convient de consigner avec précision la date, l'heure, les conditions météorologiques, un numéro d'identification ainsi que toute circonstance inhabituelle, afin de prévenir toute ambiguïté **(Lightfoot, 2002).**

### 2.4. Transport et conservation de l'échantillon

Durant le transport, il est primordial d'éviter toute altération de l'échantillon, notamment sa dégradation ou, à l'inverse, la prolifération excessive des micro-organismes présents. Cette conservation peut être assurée en protégeant l'échantillon de la lumière visible et en maintenant des conditions de température appropriées.

En pratique, cette protection est généralement réalisée à l'aide d'une glacière contenant des blocs réfrigérants, permettant de conserver les échantillons à une température inférieure ou égale à +4 °C **(Mayat, 1994).**

## 3. Analyses bactériologiques

La charge microbienne des eaux peut évoluer dans les flacons après le prélèvement. C'est pourquoi les analyses doivent être réalisées dans les plus brefs délais. Lorsque la durée de transport dépasse une heure, les échantillons doivent être conservés à une température comprise entre 4 et 6 °C **(Rodier, 2005).** Les analyses bactériologiques reposent sur trois axes principaux :

* L'évaluation des variations de la population bactérienne totale
* La recherche et le dénombrement des bactéries d'origine fécale
* La détection des bactéries pathogènes.

Dans le cadre de notre travail, nous avons réalisé un dénombrement systématique des germes indicateurs de pollution suivants :

* Les germes totaux
* Les coliformes totaux
* Les coliformes fécaux
* Les streptocoques fécaux.

Notre étude est principalement basée sur la quantification des cellules bactériennes en milieu liquide, selon la méthode du nombre le plus probable (NPP).

### 3.1 . Dénombrement de la microflore aérobie hémophile totale (germes totaux)

- **Mode Opératoire**

À partir de l'eau à analyser (solution mère = 1) et/ou des dilutions décimales $10^{-1}$ et $10^{-2}$, 1 ml est ensemencé aseptiquement en double dans deux boîtes de Pétri stériles, numérotées et préparées à cet usage, conformément au schéma ci-dessous **(Fig. 18).**

- Ajouter ensuite environ 19 ml de gélose TGEA fondue puis refroidie à 45 ± 2 °C ;
- Le délai entre la distribution de l'inoculum et le coulage de la gélose ne doit pas dépasser 15 minutes ;
- Homogénéiser le mélange par des mouvements circulaires et en forme de 8 sur une surface plane afin d'assurer une bonne répartition de l'inoculum dans la gélose ;
- Laisser ensuite la gélose se solidifier à température ambiante sur la paillasse ;
- Les boîtes sont réparties en deux séries distinctes ;
- La première série est incubée à 22 ± 2 °C pendant 68 ± 4 heures .
- La seconde série est incubée à 36 ± 2 °C pendant 44 ± 4 heures .
- Lecture : les colonies de microorganismes revivifiables apparaissent sous forme de colonies lenticulaires, bien distinctes ;
- Seules les boîtes contenant moins de 300 colonies sont retenues, avec un minimum de 15 colonies par boîte

- **dénombrement**

- Sélectionner, pour le dénombrement, les boîtes de Pétri présentant des colonies abondantes, de morphologie.

- **Lecture**

lenticulaire et nettement individualisées. Inclure également les boîtes dont le nombre de colonies est compris entre 30 et 300.

Déterminer séparément la valeur du nombre N de micro-organismes revivifiables à 22 °C et celle à 37 °C, en les exprimant comme des moyennes pondérées, en utilisant l'équation correspondante.

$$N = \frac{\sum C}{1{,}1 \, .d}$$

∑ C : Correspond à la somme des colonies comptabilisées sur deux boîtes issues de dilutions consécutives sélectionnées.

d : Représente le taux de dilution associé à la première dilution considérée.

Le résultat final du dénombrement des micro-organismes revivifiables à 22 °C et à 37 °C, exprimé en nombre par millilitre d'eau, est présenté sous la forme d'un coefficient compris entre 1,0 et 9,9 multiplié par 10x, où x correspond à l'exposant adéquat de 10.

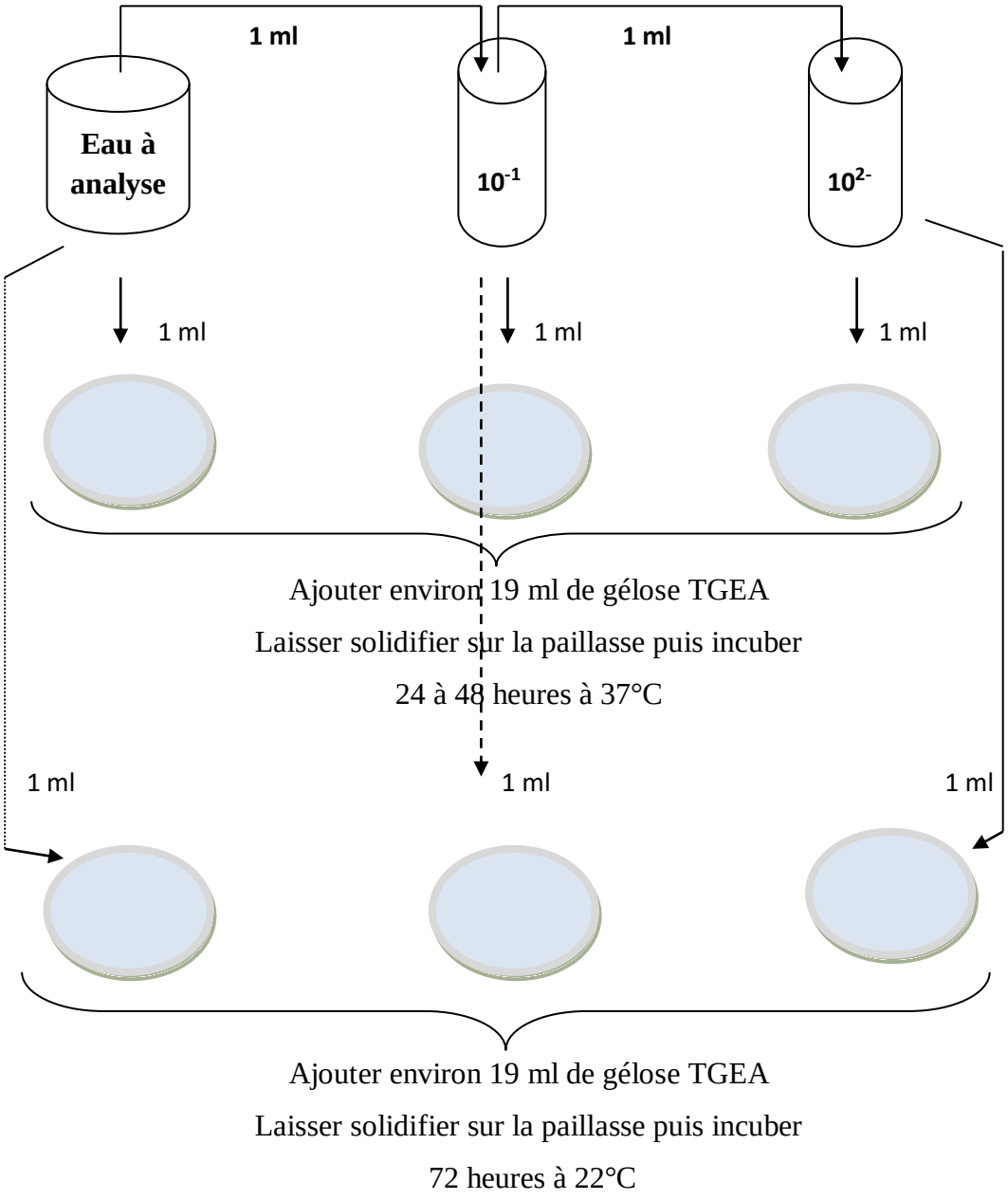



**Figure 18 :** Recherche et dénombrement des microorganismes revivifiables à 37°C et 22C° dans l'eau **(Boudraa, W., 2016).**

### 3.2. Dénombrement des coliformes totaux et coliformes thermo-tolérants

Les coliformes sont des bactéries en forme de bacilles, à Gram négatif, pouvant se développer en conditions aérobies ou en anaérobiose facultative. Elles sont dépourvues de spores et d'activité oxydasique. Ces micro-organismes présentent la capacité de croître en présence de sels biliaires et de fermenter le lactose, entraînant la production d'acides et de gaz après une incubation de 24 à 48 heures à une température comprise entre 36 et 37 °C.

Les coliformes fécaux, également appelés coliformes thermotolérants, constituent un sous-groupe des coliformes totaux caractérisé par leur aptitude à fermenter le lactose à une température de 44 °C. L'espèce la plus représentative de ce groupe est *Escherichia coli* ; toutefois, d'autres bactéries appartenant aux genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella* peuvent également y être associées, mais avec une fréquence moindre.

La bactérie *Escherichia coli* constitue généralement entre 80 et 90 % des coliformes fécaux identifiés. Par ailleurs, la détection de ces micro-organismes est communément interprétée comme un indicateur de contamination d'origine fécale.

*Escherichia coli* appartient au groupe des coliformes thermotolérants et se distingue par sa capacité à synthétiser de l'indole à partir du tryptophane contenu dans le milieu de culture, à une température avoisinant 42 °C (± 2 °C) (**Merzoug**, **2009)**.

La recherche ainsi que le dénombrement des coliformes, en plus de l'identification d'*Escherichia coli*, ont été réalisés selon la méthode du nombre le plus probable (NPP), également connue sous le nom de colimétrie.

- **Mode opératoire**

La recherche et le dénombrement des bactéries coliformes, des coliformes thermo-tolérants ainsi que des *Escherichia coli* dans l'eau, en milieu liquide par la technique du nombre le plus probable (NPP), s'effectuent en deux étapes successives :

- Le test de présomption : destiné à la détection des coliformes ;
- Le test de confirmation : destiné à l'identification des coliformes thermo-tolérants et des *Escherichia coli* **(Labres *et al*., 2008 et Chaouch, 2007)**.

#### 3.2.1 Tests présomptifs

Sur bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol (BCPL) muni de cloches de Durham, en simple ou double concentration

- **Ensemencement :**
  - 3 tubes de BCPL à double concentration sont inoculés avec 10 ml d'eau à analyser par tube (série A) ;
  - 3 tubes de BCPL à simple concentration sont inoculés avec 1 ml d'eau à analyser par tube (série B) ;
  - 3 tubes de BCPL à simple concentration sont inoculés avec 0,1 ml d'eau à analyser par tube (série C) ;
  - Éliminer l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et homogénéiser soigneusement le milieu avec l'inoculum ;
  - Incubation : à 37 °C pendant 24 à 48 heures **(Guiraud, 1998)**
  - Sont considérés comme positifs les tubes présentant simultanément :
    - Un dégagement gazeux supérieur au dixième de la hauteur de la cloche
    - Un trouble du milieu accompagné d'un virage au jaune, traduisant la fermentation du lactose .

Ces deux critères confirment la fermentation du lactose dans les conditions expérimentales décrites .

La lecture finale est réalisée à partir des tables du nombre le plus probable (NPP).

### 3.2.2 Test confirmatif

À partir de chaque tube de bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol (BCPL) positif, la confirmation est réalisée par ensemencement sur milieu de Schubert avec cloche de Durham, suivi d'une incubation à 44 °C pendant 24 heures **(Guiraud, 1998)** .

Quelques gouttes du réactif de Kovacs sont ajoutées aux tubes présentant un trouble. La réaction est considérée positive lorsqu'un anneau rouge se forme (**Fig.19**).

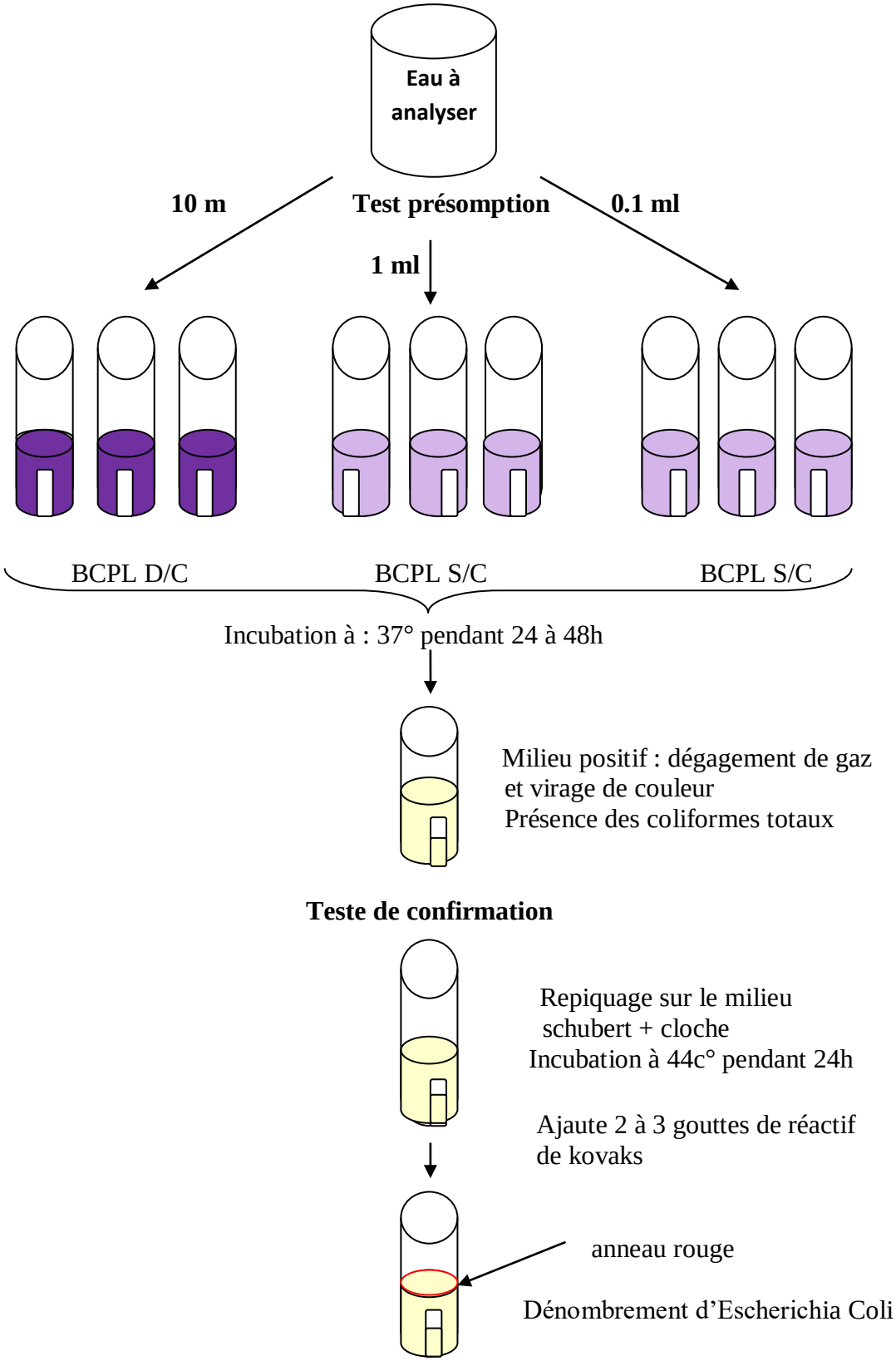



**Figure 19 :** Recherche et dénombrement des coliformes totaux et coliformes thermotolérants **(Labres *et al.*, 2008) .**

### 3.3. Dénombrement des streptocoques fécaux

➢ **Mode opératoire**

La recherche et le dénombrement des streptocoques du groupe (D) dans les eaux, en milieu liquide, s'effectuent en deux étapes successives :

- Le test de présomption : destiné à la détection présomptive des streptocoques
- Le test de confirmation : visant à confirmer la présence effective des streptocoques du groupe « D » **(Chaouch, 2007).**

#### 3.3.1 Tests présomptifs

Sur milieu Rothe, en simple ou double concentration :

Ensemencement :

* 3 tubes de milieu Rothe à double concentration sont inoculés avec 10 ml d'eau à analyser par tube (série A)

* 3 tubes de milieu Rothe à simple concentration sont inoculés avec 1 ml d'eau à analyser par tube (série B)

* 3 tubes de milieu Rothe à simple concentration sont inoculés avec 0,1 ml d'eau à analyser par tube (série C)

- Incubation : réalisée à 37 °C pendant 24 à 48 heures **(Guiraud, 1998).**

➢ **Lecture**

sont considérés comme positifs les tubes présentant un trouble microbien. Toutefois :

- Ces tubes ne doivent en aucun cas être pris en compte pour le dénombrement ;
- Ils doivent obligatoirement faire l'objet d'un repiquage sur milieu Eva-Litsky afin de permettre leur confirmation.

#### 3.3.2 Tests confirmation

Les tubes de Rothe positifs sont soumis à un repiquage à l'aide d'une anse bouclée dans un tube contenant le milieu Eva-Litsky. Le milieu est ensuite soigneusement homogénéisé avec l'inoculum. L'incubation est réalisée à 37 °C pendant 24 heures.

➢ **Lecture**

sont considérés comme positifs les tubes présentant :

- Un trouble microbien .
- Une pastille violette ou blanchâtre au fond des tubes.

La lecture finale est également réalisée conformément aux prescriptions de la table du nombre le plus probable (NPP) **(Labres *et al*., 2008)** (**Fig.20)**.

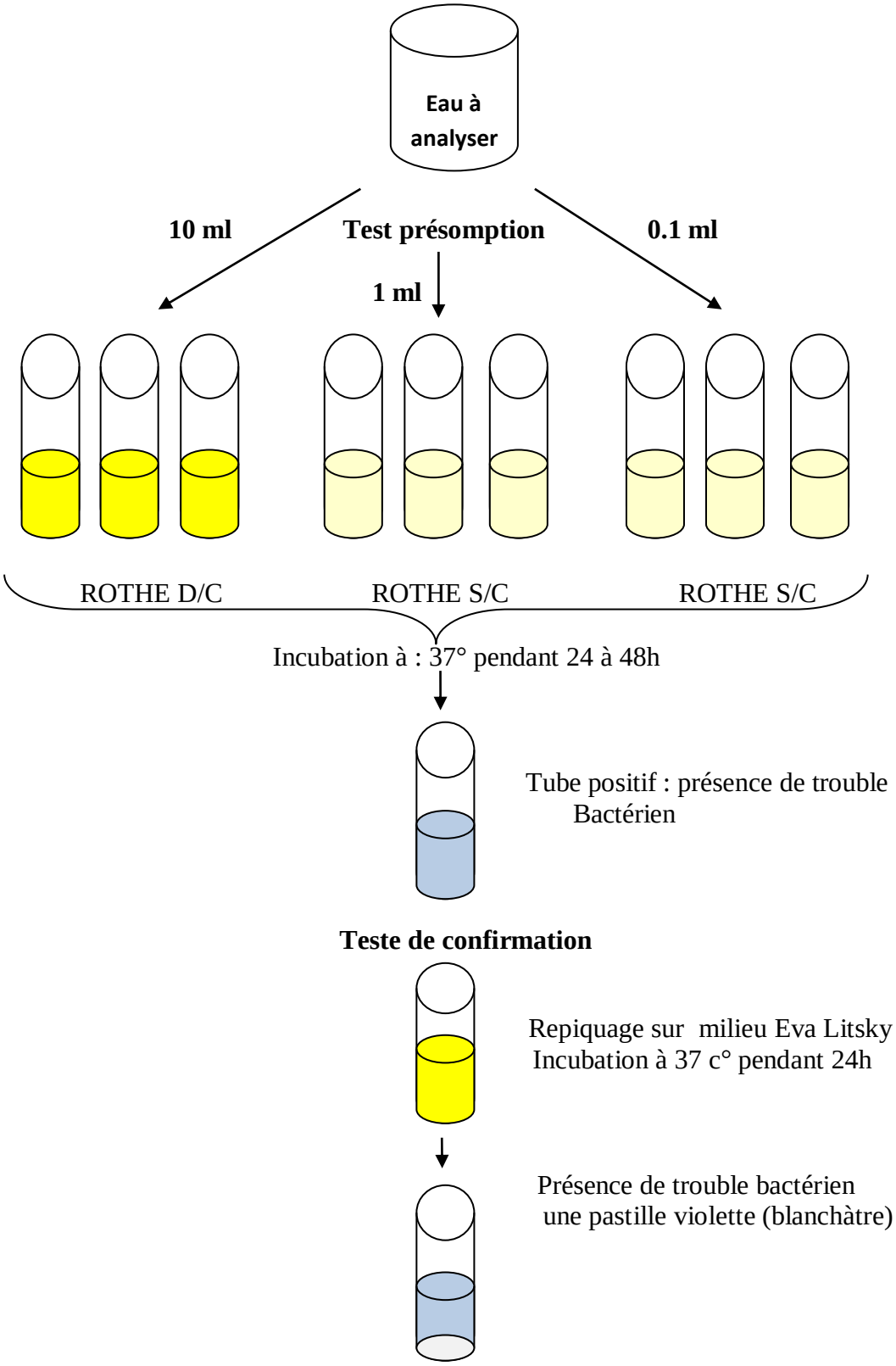



**Figure 20 :** Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux **(Labres *et al.*, 2008) .**

### 3.4. Dénombrement des spores des anaérobie sulfito réducteurs (ASR) Méthode par incorporation en gélose en tubes profonds

Les bactéries anaérobies sulfito-réductrices correspondent à des bacilles à Gram positif capables de se développer en absence d'oxygène. Cultivées en gélose profonde (telles que les milieux Tryptose Sulfite Cyclosérine, Tryptose Sulfite Néomycine ou gélose Viande Foie) à une température de 36 ± 2 °C pendant 24 à 48 heures, elles forment des colonies typiques de couleur blanche, entourées d'un halo noir caractéristique **(Labres ,2002) .**

Ce noircissement résulte de la réduction du sulfite de sodium (NaSO) présent dans le milieu en sulfure, lequel réagit avec les ions fer ($Fe^{2+}$) pour produire des sulfures de fer (feS) de couleur noire. Par ailleurs, la détection de spores de bactéries ASR dans l'eau, en l'absence d'autres micro-organismes, constitue généralement un indicateur fiable d'une contamination ancienne.

Cette méthode a pour objectif la mise en évidence et le dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices, notamment les Clostridium sulfito-réducteurs, dans les eaux, en utilisant une technique d'incorporation dans une gélose coulée en tubes profonds.

- **Mode opératoire**

* À partir de l'échantillon d'eau à analyser, prélever environ 25 mL dans un tube stérile, puis le soumettre à un traitement thermique de type choc pendant 15 minutes, afin d'éliminer les formes végétatives des bactéries anaérobies sulfito-réductrices éventuellement présentes ; un second flacon contenant une autre eau est utilisé comme témoin de température.

* Répartir ensuite le contenu du tube traité dans deux tubes stériles distincts, à raison de 5 mL par tube.

* Après chauffage, refroidir immédiatement le flacon destiné à l'analyse sous un courant d'eau du robinet.

* Ajouter ensuite 18 à 20 mL de gélose (Tryptose Sulfite Cyclosérine, Tryptose Sulfite Néomycine ou gélose Viande Foie), préalablement fondue puis refroidie à 47 °C et supplémentée en additifs spécifiques.

* Homogénéiser délicatement le mélange milieu–inoculum, en évitant toute incorporation de bulles d'air et d'oxygène.

* Laisser solidifier à température ambiante pendant environ 30 minutes, puis incuber à 36 ± 2 °C pendant 4 heures dans le cas de l'utilisation de la gélose Viande Foie **( Fig. 21 ).**

- **Lecture**

Toute colonie noire accompagnée d'un halo noir périphérique est considérée comme issue d'une spore de bactérie anaérobie sulfito-réductrice **(Rodier, 2009).**

La première lecture doit être réalisée impérativement à 16 heures. Il convient alors d'identifier et de dénombrer l'ensemble des colonies noires à croissance abondante, puis d'exprimer le résultat en rapportant le nombre total de colonies à un volume de 20 ml d'eau analysée **(Labres, 2006).**

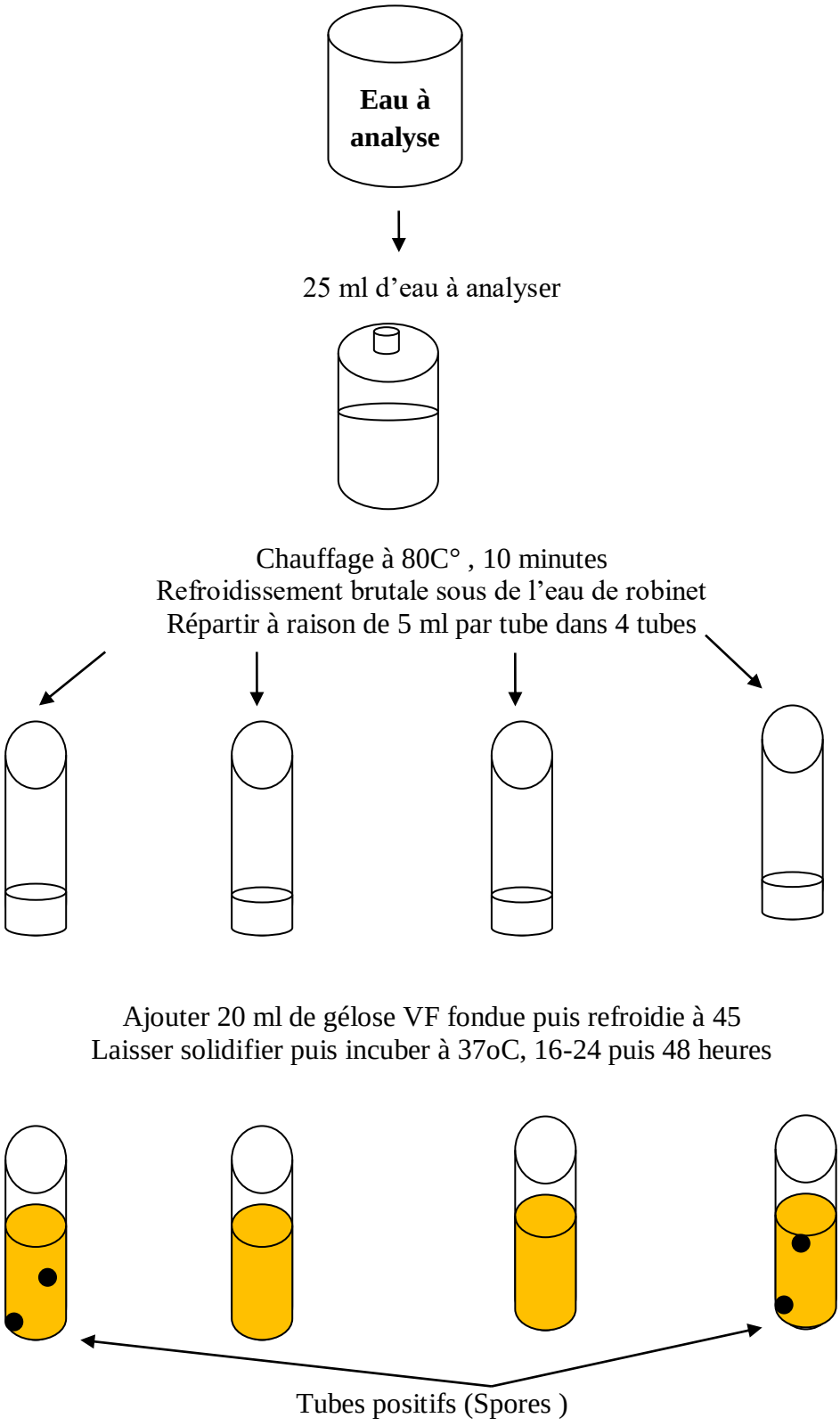



**Figure 21 :** Mise en évidence et quantification des spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices **(Labres *et al.*, 2008)**.

### 3.5. Recherche des germes pathogènes

#### 3.5.1. Ensemencement sur gélose

La recherche des germes pathogènes dans l'eau repose sur l'utilisation de méthodes microbiologiques visant à détecter des bactéries spécifiques, par le biais de milieux de culture sélectifs adaptés.

La sélection des micro-organismes peut être assurée soit par des agents chimiques, soit par des substances antibiotiques ; ces milieux, qu'ils soient riches ou non, permettent souvent de mettre en évidence un ou plusieurs caractères biochimiques orientant l'identification des germes.

Dans ce cadre, trois milieux sélectifs aux propriétés distinctes ainsi qu'un milieu non sélectif ont été utilisés, ce dernier permettant l'observation macroscopique de l'ensemble des colonies développées.

- La gélose nutritive ordinaire (GN), milieu non sélectif, est employée pour l'étude macroscopique des différentes colonies issues de l'ensemencement.
- Le milieu de Chapman est un milieu sélectif destiné aux bactéries Gram positives halophiles, notamment les staphylocoques et les microcoques.
- La gélose Hektoen constitue un milieu sélectif utilisé pour l'isolement des entérobactéries, en particulier les Salmonella.
- La gélose SS (Salmonella-Shigella) est un milieu sélectif utilisé pour l'isolement des bactéries à Gram négatif.

➢ **Mode opératoire**

- Procéder à la désinfection préalable de la paillasse et réaliser les manipulations en conditions stériles.
- Verser les milieux de culture dans des boîtes de Pétri en effectuant un mouvement en forme de « 8 », conformément aux techniques microbiologiques, puis laisser solidifier.
- Après solidification des milieux, entamer les opérations d'ensemencement selon un protocole rigoureux.
- Effectuer le prélèvement directement à partir de l'échantillon d'eau à analyser.
- Réaliser l'ensemencement à l'aide d'une pipette Pasteur ou d'une anse de platine stérile.
- Déposer une goutte d'environ 0,1 mL à la périphérie de la gélose, puis l'étaler par stries ou par la méthode des quadrants sur l'ensemble de la surface.
- Identifier et coder les boîtes, puis les incuber à 37 °C pendant une durée de 24 à 48 heures. **(Figure 22).**

### 3.5.2. Recherche des Staphylocoques pathogènes (*Staphylococcus auteur)*

#### 3.5.2.1. Mode opératoire

- **Isolement**

Le milieu de Chapman est un milieu sélectif permettant l'isolement des staphylocoques grâce à leur capacité à tolérer des concentrations élevées en chlorure de sodium (NaCl). Il permet également la différenciation de l'espèce *Staphylococcus aureus* par la mise en évidence de la fermentation du mannitol, souvent associée à la production d'un pigment caractéristique **(Marchal *et al* , 1982).** L'ensemencement s'effectue sur une boîte de ce milieu, suivie d'une incubation à 37 °C pendant 24 heures.

- **Lecture et identification**

Les colonies fermentant le mannitol (mannitol +) se caractérisent par la présence d'une auréole jaune. Le milieu de Chapman constitue uniquement un test d'orientation pour l'identification de *Staphylococcus aureus* ; des analyses de confirmation supplémentaires demeurent indispensables.

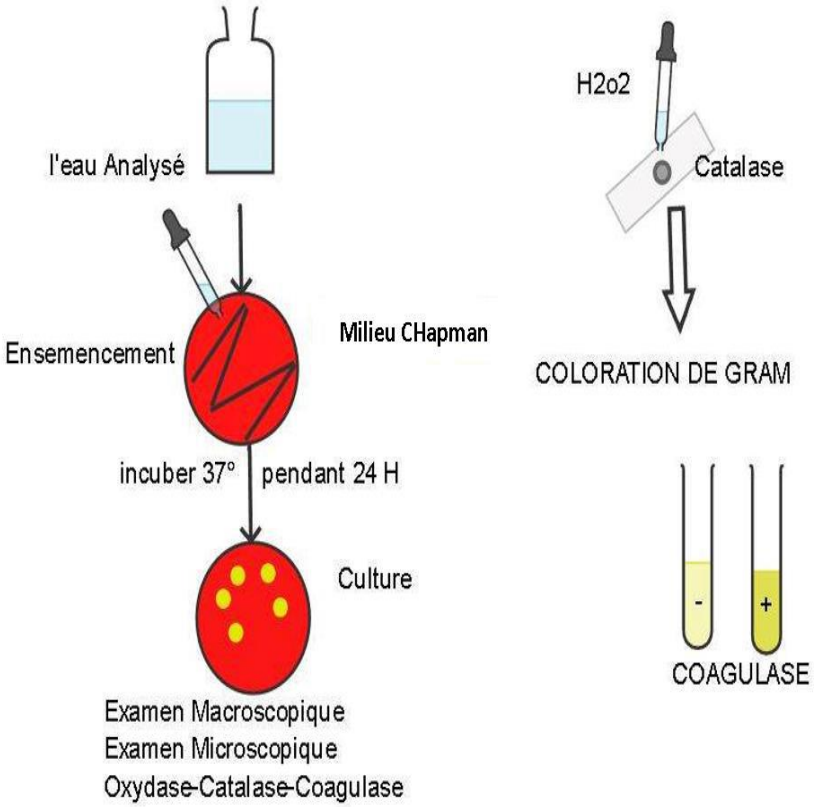



**Figure 22 :** Protocole de recherche de Staphylococcus

**(Selaimia, N et Boukerch, M.2023).**

Dans des conditions expérimentales définies, chaque espèce bactérienne forme des colonies présentant des caractéristiques morphologiques spécifiques, notamment en termes de taille, de forme, de coloration et de consistance **(Singleton, 1999).**

- **Tests complémentaires**

L'identification bactérienne consiste à mettre en évidence, lors de l'isolement ou à partir d'une culture pure, une ou plusieurs caractéristiques biochimiques permettant une première orientation taxonomique. Cette démarche repose sur l'étude des propriétés morphologiques, enzymatiques et biochimiques des bactéries **(Rouaiguia, 2010).**

Après la période d'incubation, les Staphylocoques à coagulase positive ou plus particulièrement Staphylococcus aureus, apparaissent sous forme de petites colonies lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentées en jaune (fermentation du mannitol) ou en blanc. Le tableau 6 résume quelques caractères biochimiques de différentes espèces de staphylocoques **(Ait Kaci *et al,* 2008 ; Rodier *et al.*, 2009) .**

- **Test de catalase** (pour les staphylocoques)

C'est une enzyme décomposant l'eau oxygénée en eau et en oxygène gazeux.

La méthode consiste à prélever une colonie du germe à étudier sur l'extrémité d'une pipette Pasteur fermée que l'on plonge ensuite dans un millilitre d'eau oxygénée **(Figure 23).**

Le dégagement des bulles gazeuses signe la présence de l'enzyme **(Carbonnelle, 1988). (Tableau 6).**

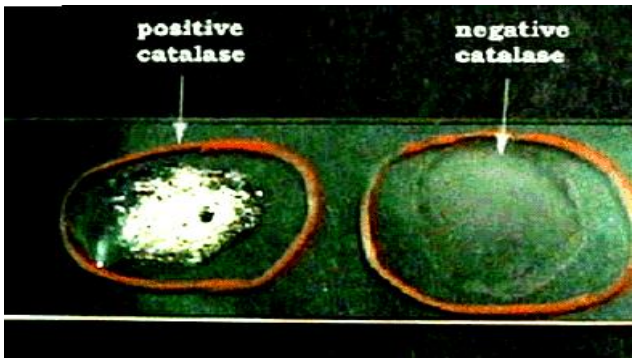



**Figure 23 :** Test de catalase Lame**.**

- **Test de coagulase**

La coagulase est une protéine de type enzyme qui provoque la coagulation du plasma en convertissant le fibrinogène en fibrine. *Staphylococcus aureus* produit deux formes de coagulase : liée et libre.

Le test de coagulase permet de différencier *Staphylococcus aureus* (positif), qui produit l'enzyme coagulase, de *S. epidermidis* et *S. saprophyticus* (négatifs), qui ne produisent pas de coagulase. On parle alors de *staphylocoque* coagulase-négatif **(Figure 24).**

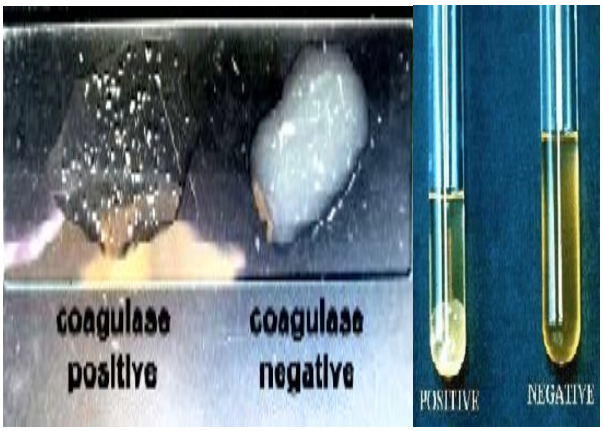



**Figure 24 :** Test de coagulase lame et tubes **.**

Après la période d'incubation, les Staphylocoques à coagulase positive ou plus particulièrement *Staphylococcus aureus*, apparaissent sous forme de petites colonies lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentées en jaune (fermentation du mannitol) ou en blanc. Le tableau 6 résume quelques caractères biochimiques de différentes espèces de staphylocoques **(Ait Kaci *et al*, 2008 ; Rodier *et al.*, 2009 ; Boudraa, W., 2016) (Tableau 06).**

**Tableau 6 :** Les principaux staphylocoques isolés en microbiologie.

| **Staphylocoque** | ***S. aureus*** | ***S. intermedius*** | ***S. saprophyticus*** | ***S. epidermidis*** |
|---|---|---|---|---|
| Catalase | + | + | + | + |
| Coagulase | + | + | - | - |
| Mannitol en anaérobie | + | - | - | - |

### 3.5.2.2. Caractères morphologiques

- **Etude macroscopique**

L'étude macroscopique des colonies bactériennes repose sur l'observation de leur aspect général. Cette analyse permet de caractériser les colonies en se basant sur un ensemble de critères descriptifs nécessaires à leur identification préliminaire:

- La taille
- La forme: bombée, plate, ombiliquée, à centre surélevé.
- L'aspect de la surface: lisse, rugueux.
- L'opacité : opaque, translucide, transparent.
- La consistance : grasse, crémeuse, sèche, muqueuse.
- Pigmentation (**Rouaiguia, 2010).**

- **Etude microscopique**

Elle est mise en évidence par la technique de coloration de Gram.

- **Coloration de Gram**

La coloration de Gram, développée en 1884 par le bactériologiste danois Hans Christian Gram, constitue une technique de référence pour la différenciation des bactéries. Cette méthode repose sur les particularités structurales de la paroi bactérienne, composée principalement de peptidoglycane (muréine). Chez les bactéries à Gram négatif, cette couche est associée à une membrane externe, alors que les bactéries à Gram positif en sont dépourvues et possèdent une couche de peptidoglycane plus épaisse.

- **Les étapes de la coloration de Gram**

  - Préparer un frottis bactérien sur une lame de microscope à partir d'une suspension homogénéisée afin d'assurer une répartition uniforme des cellules. Le prélèvement est effectué à l'aide d'une anse stérile puis étalé sur la lame avant séchage à l'air libre.
  - Fixer le frottis soit par traitement à l'éthanol à 90 % suivi d'une fixation à la flamme, soit directement par fixation thermique au moyen de plusieurs passages rapides dans la flamme du bec Bunsen.
  - Réaliser la coloration primaire en recouvrant le frottis de violet de gentiane pendant 2 à 3 minutes, puis rincer à l'eau distillée. À cette étape, l'ensemble des cellules bactériennes apparaît coloré en violet.
  - Effectuer le mordançage à l'aide du lugol (solution iodo-iodurée) pendant environ 20 secondes afin de stabiliser le complexe colorant–iode au sein des cellules bactériennes, puis rincer à l'eau distillée.

- Procéder à la décoloration par l'alcool appliqué sur la lame inclinée pendant quelques secondes, suivie d'un rinçage immédiat. Cette étape permet de différencier les bactéries selon la structure de leur paroi : les bactéries à Gram négatif perdent la coloration primaire, tandis que les bactéries à Gram positif la conservent.
- Réaliser une contre-coloration à la fuchsine ou à la safranine pendant 30 secondes à 1 minute, puis éliminer l'excès de colorant par un rinçage doux à l'eau distillée.
- Sécher la préparation sur une plaque chauffante à environ 40 °C durant 10 à 15 minutes avant l'observation microscopique. À l'issue de la coloration, les bactéries à Gram positif apparaissent en violet, alors que les bactéries à Gram négatif prennent une coloration rose à rouge **(http://www.technobio.fr/).**

# CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSIONS

## 1- Analyses physique

les analyses physiques ( la tempurature , le PH et La conductivité électrique (CE) ) ont été relevés à l'aide du multiparamètre de terrain type WTW 197i .

### 1.1 . Température

La température constitue un facteur écologique majeur influençant fortement les caractéristiques physico-chimiques des écosystèmes aquatiques. Elle détermine les conditions de développement ainsi que la durée des cycles biologiques des organismes aquatiques **(Merzoug, 2009).**

La température maximale observée est de 18 °C au niveau du site 3 au cours du mois d'avril, tandis que la valeur minimale, estimée à 13 °C, est enregistrée au site 1 durant le mois de février**(Figure 25)**.

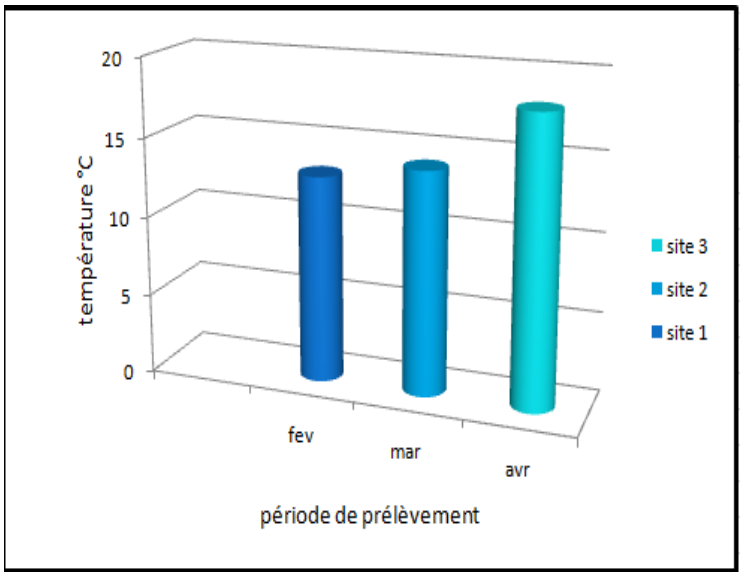



**Figure 25 :** Variation de la température d'Oued-elkebir wilaya de Mila

### 1.2. Potentiel d'hydrogène (pH)

La valeur maximale du pH, égale à 8, est relevée au site 2 durant le mois de mars, tandis que la valeur minimale de 7,6 est observée au site 3 au cours du mois d'avril **(Figure 26)**.

Le pH d'Oued-elkebir est globalement proche de la neutralité, ce qui est caractéristique de la majorité des eaux de surface. Cette plage de pH est favorable à la prolifération et au développement des micro-organismes.

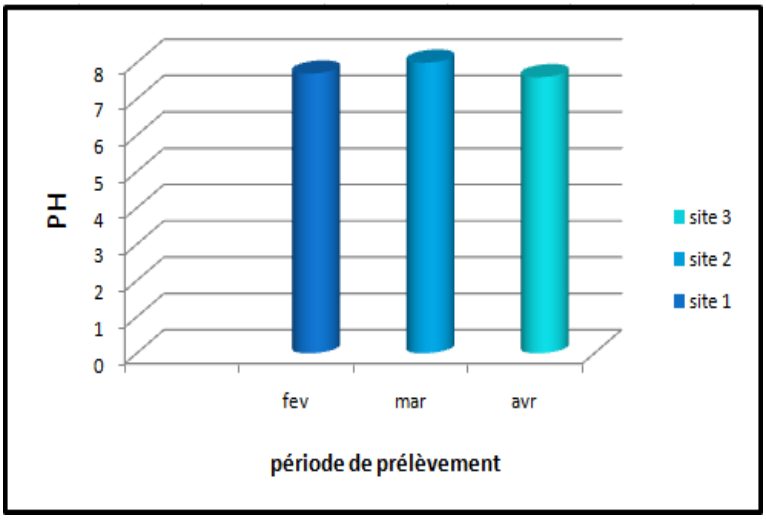



**Figure 26 :** Variation de pH de l'eau d'Oued-elkebir.

### 1.3. Conductivité électrique

Elle est directement liée à la concentration en sels minéraux dissous dans l'eau. Ainsi, la mesure de la conductivité électrique constitue un indicateur rapide permettant d'estimer la minéralisation globale de l'eau **(Rodier, 2009).**

Une conductivité électrique élevée traduit généralement une forte charge en sels dissous et peut indiquer une possible pollution du cours d'eau. Dans cette étude, une valeur maximale de 1347 µS/cm a été mesurée en février au niveau du site 1, tandis que la valeur minimale, de l'ordre de 1141 µS/cm, a été enregistrée en mars au site 2. Selon la grille d'évaluation de la qualité des eaux superficielles.

La comparaison des résultats obtenus lors des trois campagnes d'échantillonnage réalisées les 22/02/2026, 15/03/2026 et 19/04/2026 met en évidence une variabilité de la conductivité électrique entre les différents prélèvements, avec des valeurs comprises entre 1141 et 1347 µS/cm **(Figure 27).** Cette fluctuation peut être attribuée à des modifications des caractéristiques physiques de l'eau, notamment aux variations du pH et/ou à une augmentation de la salinité du milieu.

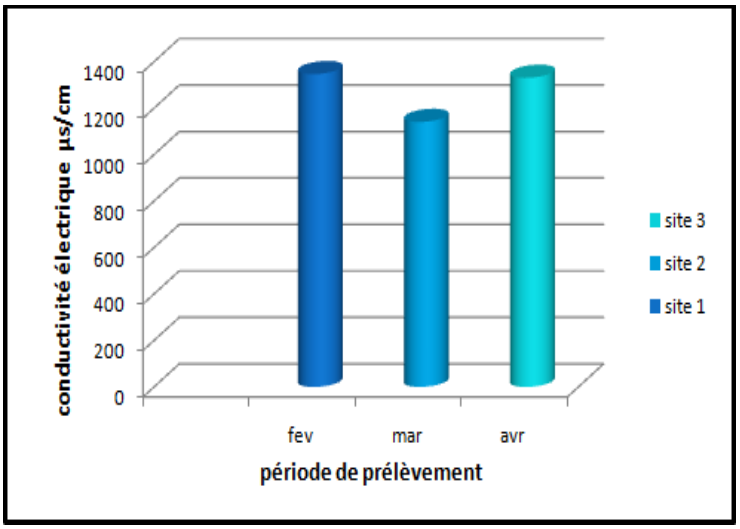



**Figure 27:** Variation de la conductivité électrique de l'eau d'Oued-elkebir.

## 2. Résultats des analyses bactériologiques

### 2.1. Dénombrements des microorganismes revivifiables

La recherche des micro-organismes aérobies non pathogènes, dits « revivifiables », permet d'estimer la charge bactérienne capable de se développer dans des conditions usuelles de culture. Bien que ces microorganismes ne présentent pas d'impact sanitaire direct, ils peuvent, dans certaines conditions, contribuer à des altérations de la qualité de l'eau. Ils constituent ainsi des indicateurs microbiologiques révélant une contamination bactérienne potentielle **(Abdellioui *et al.*, 2012).**

Nos résultats obtenus montrent que la charge en germes totaux incubés à 22 °C est plus importante au mois de février par rapport aux autres mois, particulièrement au niveau du site 1, où un maximum de 400 UFC/mL a été enregistré.

Concernant les germes incubés à 37 °C, la valeur maximale enregistrée est de 660 UFC/mL, observée au site 02 au cours du mois d'avril (**Figure 28**) et (**Figure 29**).

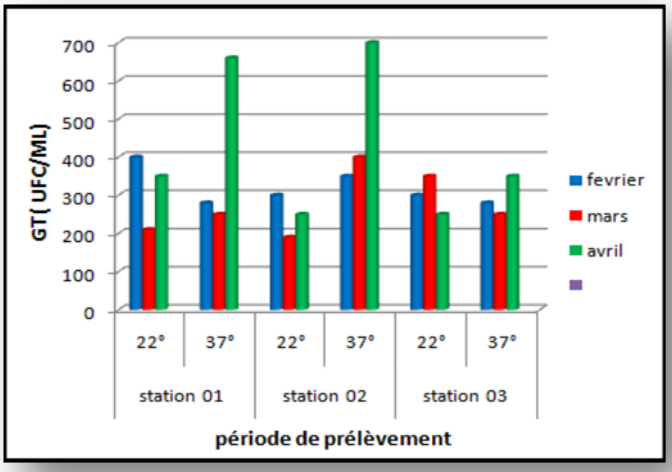



**Figure 28** : Evolution des germes totaux à 37°C et 22°C de l'eau de trois stations durant 3 échantillonnages dans le mois de Février, Mars et Avril.

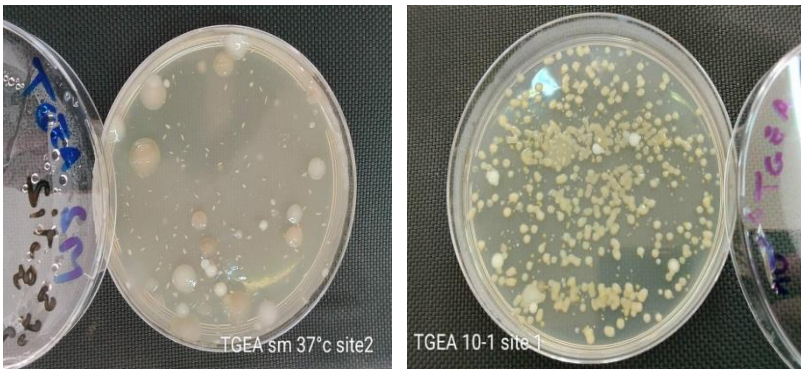



**Figure 29 :** Multiplication des germes totaux sur gélose TGEA (**photos personnelles**).

### 2.2. Dénombrement des coliformes totaux

La détection de bactéries coliformes dans un milieu indique généralement une contamination fécale, principalement d'origine humaine **(camille *et al.*, 2003).**

La variation du nombre des bactéries dans les différentes stations de prélèvement sont représentées dans la **Figure 30**.

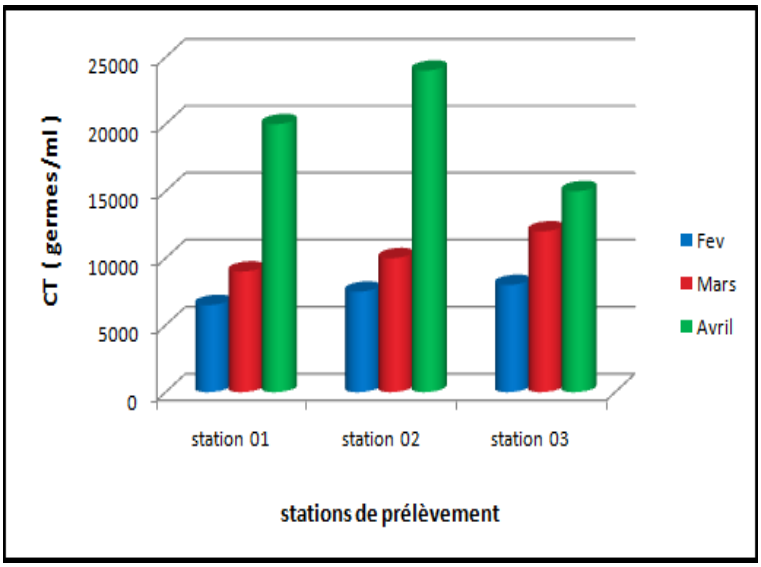



**Figure 30:** Variations des nombres des coliformes totaux dans les différentes stations de prélèvements.

L'effectif des coliformes totaux a atteint sa valeur maximale au mois d'avril site 2, avec 1100 CT/100 ml. En revanche, les valeurs minimales (43 CT/100 ml),

Les fortes valeurs observées dans P1 et P2 peuvent être liées à plusieurs facteurs, notamment l'infiltration des eaux superficielles, les activités anthropiques autour du site de prélèvement,

Les conditions climatiques favorisant la croissance bactérienne ainsi que la présence de matières organiques dans l'eau. Selon les recommandations internationales, en revanche nos résultats sont aux normes. Les coliformes totaux sont considérés comme des indicateurs de contamination environnementale.

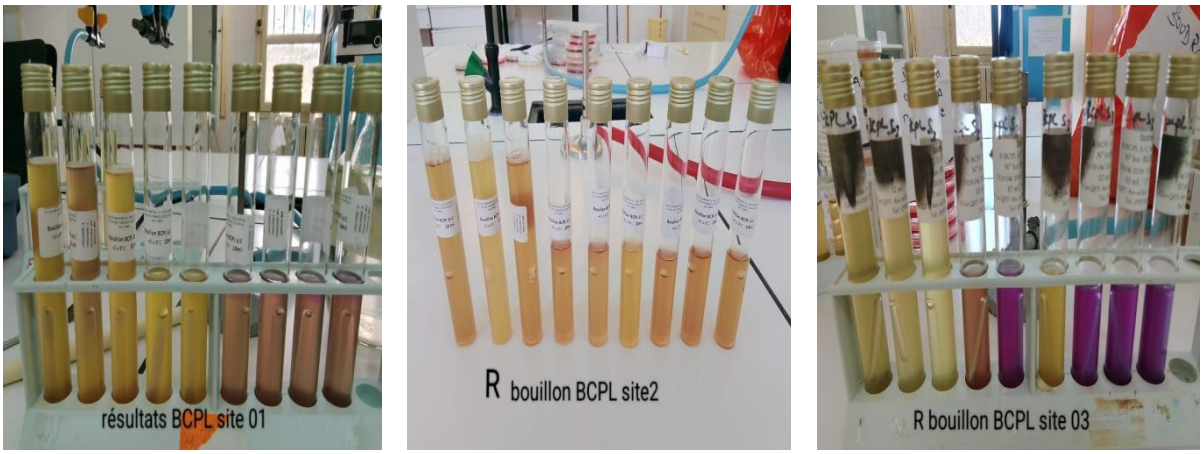



**Figure 31 :** Photo présent le résultat de la recherche des coliformes totaux.

**(Photo prise par Boulatrous A , 2026).**

### 2.3. Dénombrement des Coliformes fécaux

En raison de son origine strictement fécale, *Escherichia coli* est considéré comme un marqueur fiable de contamination fécale, ce qui rend sa recherche essentielle dans les analyses microbiologiques.

Au cours de la période d'étude, les concentrations en microorganismes fécaux ont varié de 24 à 93 CF/100 ml **(Figure 32).**

Les valeurs les plus élevées ont été relevées au site 1 et 3 durant les mois de mars et avril alors que la concentration la plus faible a été enregistrée au site 2 au mois de mars.

Ces observations témoignent d'une contamination d'origine fécale affectant l'ensemble des sites étudiés.

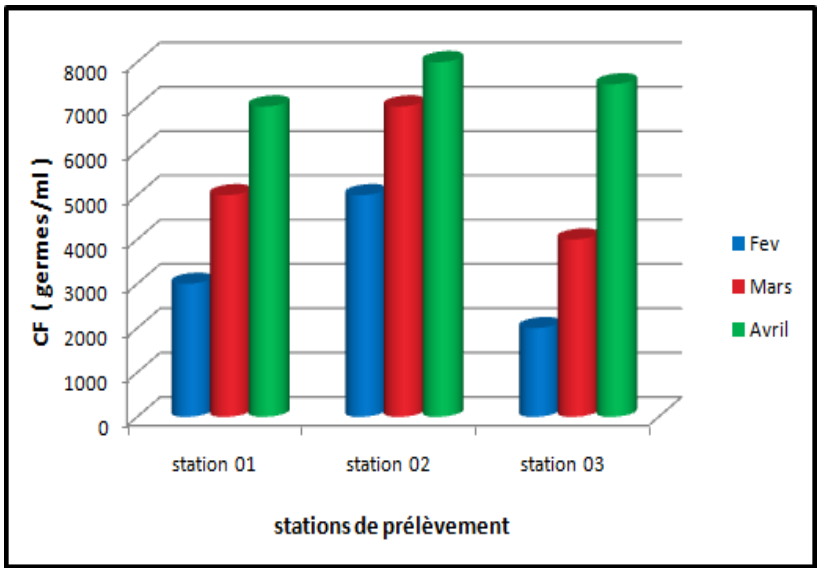



**Figure 32:** Variations des nombres des coliformes fécaux dans les différentes stations de prélèvements.

Les coliformes fécaux sont des indicateurs spécifiques de contamination fécale récente. Leur présence dans l'eau est généralement liée aux rejets d'eaux usées domestiques ou aux déjections animales**.**




**Figure 33 :** Photo présent le résultat de la recherche des coliformes fécaux.

**(Photo prise par Mesbout b, 2026**).

### 2.4. Dénombrement de Streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux constituent de bons indicateurs de contaminations récentes d'origine fécale, notamment issues des animaux **(Rodier *et al.*, 2009).**

Les résultats obtenus mettent en évidence la présence de streptocoques fécaux **(Figure 34)** dans l'ensemble des sites étudiés. La concentration maximale a été relevée au site 3, avec une valeur de 43 SF/100 ml enregistrée au mois d'avril. En revanche, les concentrations minimales, de l'ordre de 23 SF/100 mL, ont été observées aux sites 1 et 2 durant les mois de février et de mars.

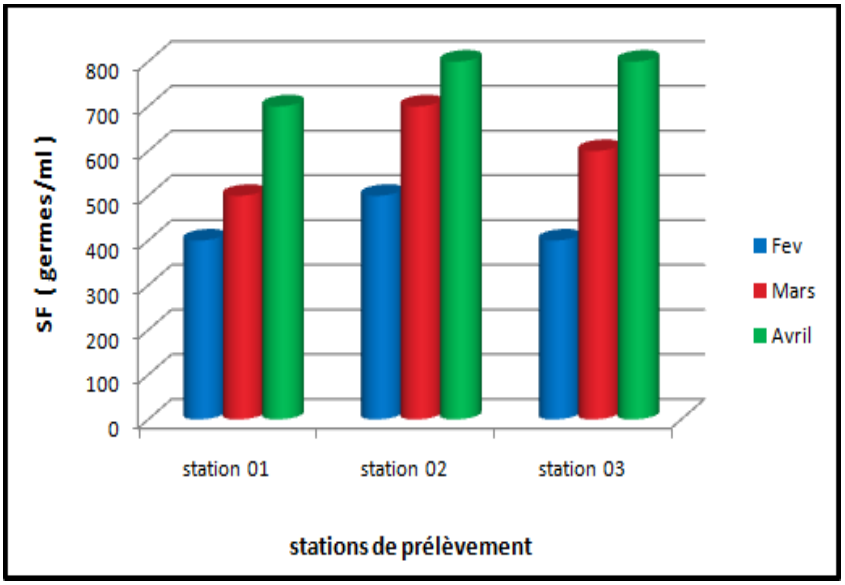



**Figure 34 :** Variations des nombres des streptocoque fécaux dans les différentes stations de prélèvements.

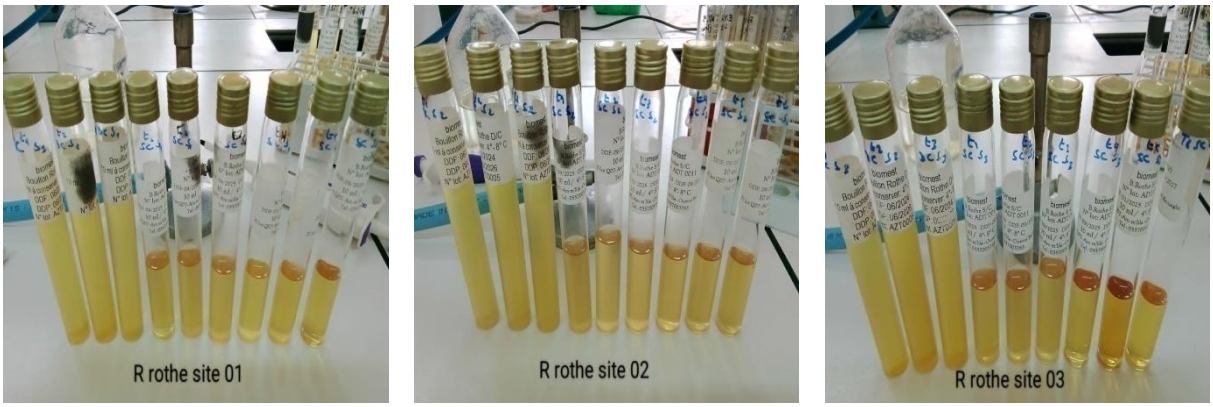



**Figure 35 :** Résultat de la recherche des Streptocoques fécaux.

**(Photo prise par Mesbout b).**

### 2.5. Les Anaérobies sulfito-réducteurs (ASR)

Les spores des anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) sont généralement considérées comme des indicateurs de contamination ancienne **(Lebres, 2006).**

D'après les résultats obtenus **(Tableau 7)** la présence d'ASR a été mise en évidence dans Oued el-Kébir, ce qui suggère l'existence d'une contamination antérieure de l'eau de ce cours d'eau au niveau du site1 mois de février et au niveau de site 2 mois de mars.

**Tableau 7 :** Résultats du dénombrement des bactéries anaérobies sulfito-réductrices exprimés en spores/20 ml.

| | Premier prélèvement | Deuxième prélèvement | Troisième prélèvement |
|---|---|---|---|
| Février | 01 | / | / |
| Mars | / | 02 | / |
| Avril | / | / | 01 |

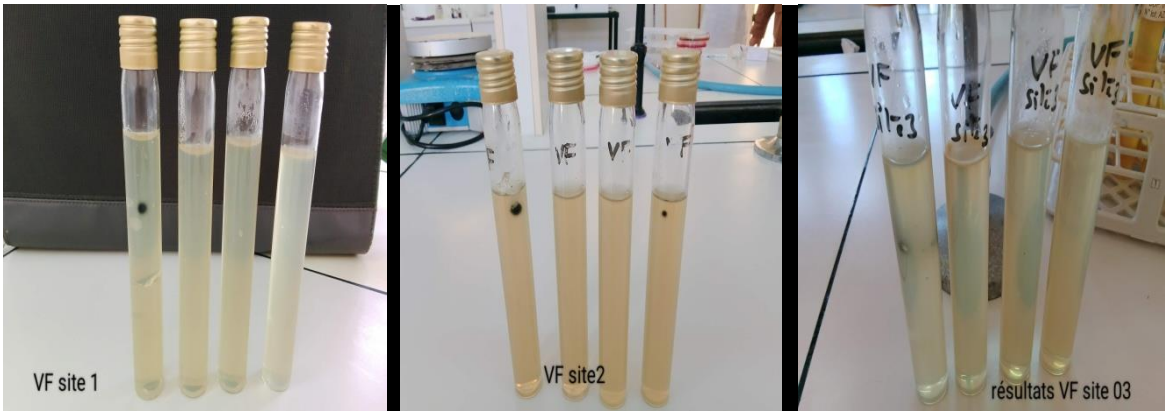



**Figure 36 :** Photos présentant le résultat de la recherche des ASR.

**(Photo prise par mesbout b)**

L'apparition de colonies noires caractéristiques des clostridies sulfito-réductrices résulte de leur capacité à réduire les sulfites. La détection de ces microorganismes constitue un indicateur d'une contamination ancienne du milieu étudié.

### 2.6. Résultats de la recherche des germes pathogènes

L'investigation des germes pathogènes a été menée sur plusieurs milieux de culture spécifiques (GN, Chapman, Hektoen, SS, MacConkey et Sabouraud) afin de détecter et d'identifier certains microorganismes (Les staphylocoques, les entérobactéries, les clostridium, les moisissures, les levures et autres), on a utilisé plusieurs milieux et tests biochimiques. Les résultats obtenus sont résumés dans le **tableau 08.**

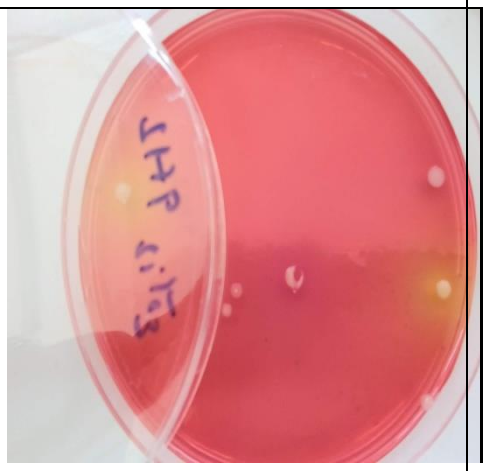
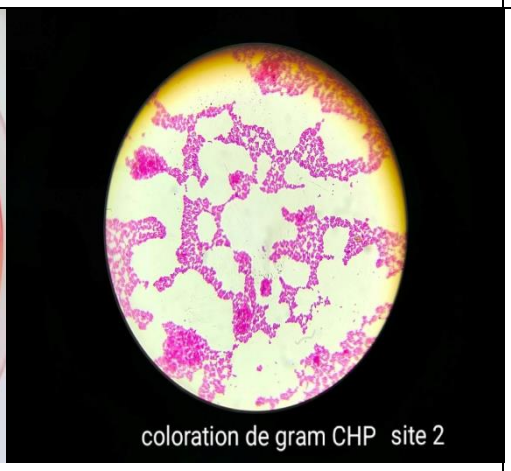
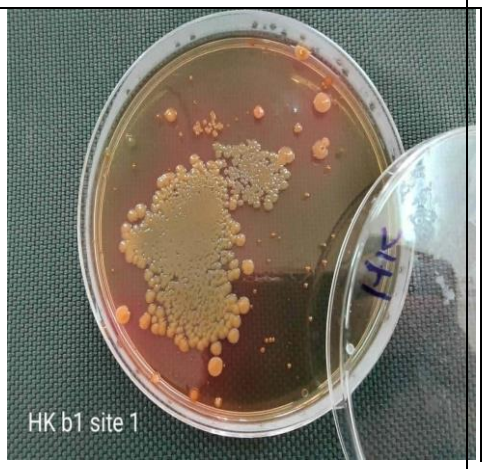
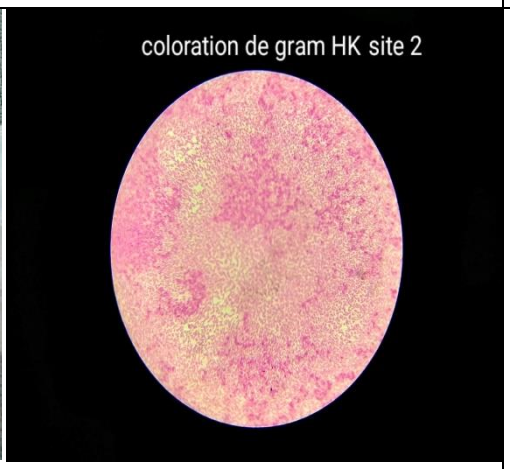
#### 2.6.1. Caractères morphologiques et coloration de Gram

Après ensemencement sur gélose, les bactéries, initialement microscopiques, se multiplient activement pour former des colonies visibles à l'œil nu. Ces dernières sont constituées de millions de cellules bactériennes issues de la même souche et présentent des caractéristiques morphologiques spécifiques, pouvant servir à la différenciation et à l'identification des espèces bactériennes.

L'ensemble des résultats concernant les aspects morphologiques macroscopiques et microscopiques est présenté dans le **tableau 08**.

**Tableau 08 :** Étude des traits morphologiques macroscopiques et microscopiques des colonies.

| **Culture** | **Analyse morphologique macroscopique des colonies observées.** | **Analyse morphologique microscopique des colonies observées.** | **bacterie** |
|---|---|---|---|
| **Gélose nutritif** |  **Figure 37 : Morphologie des colonies sur gélose nutritive.** • Présence de colonies plates et convexes, de grande taille, à surface |  **Figure 38 : Observation microscopique sur GN .** • Observation de bacilles isolés. | *E.coli* |

<table>
<tr><td></td><td>lisse et à pigmentation jaune, ainsi que de colonies translucides.</td><td>• Gram négative.</td><td></td></tr>
<tr><td>Chapman</td><td><br>Figure 39 : Morphologie des colonies sur Chapman.<br>• Colonies planes, de grande taille, à surface lisse et à pigmentation jaune.</td><td><br>Figure 40 : Observation microscopique sur Chapman.<br>• Cocci regroupés en grappes de raisin.<br>• Gram positif.</td><td>Staphylococcus aureus</td></tr>
<tr><td>Héktoèn</td><td><br>Figure 41 : Morphologie des colonies sur Héktoèn .<br>• Petites colonies pigmentées en bleu-vert avec des contours réguliers.</td><td><br>Figure 42 : Observation microscopique sur Héktoèn .<br>• Bacilles isolés et coccobacilles observés.<br>• Gram négatif.</td><td>Klebsiella</td></tr>
</table>

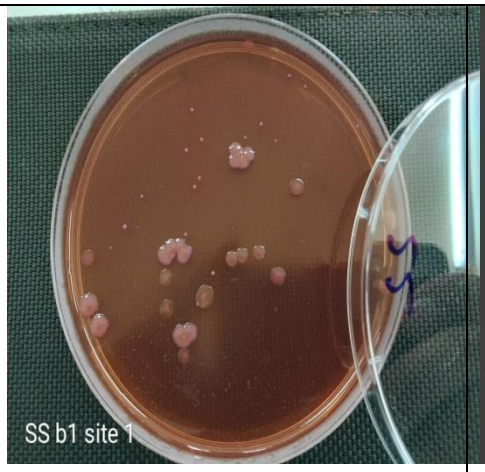
<table>
<tr>
<td>Gélose SS</td>
<td>

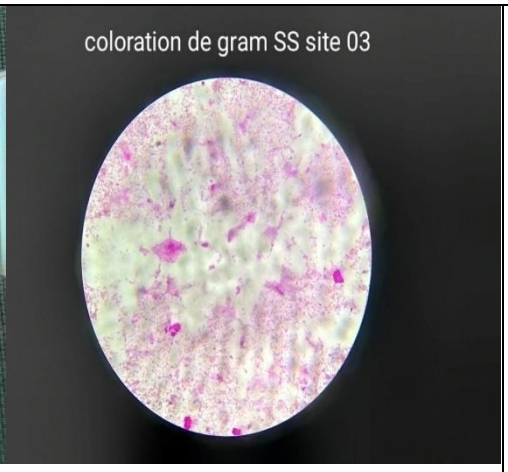
Figure 43 : Morphologie des colonies sur Gélose SS .
<ul>
<li>Colonies arrondies, translucides, convexes et brillantes.</li>
</ul></td>
<td>

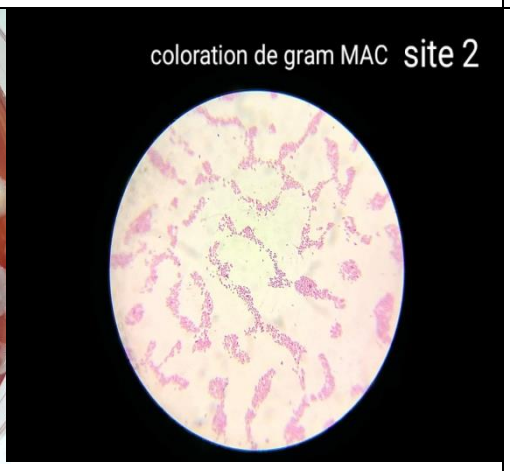
Figure 44 : Observation microscopique sur Gélose SS .
<ul>
<li>Observation de cocci disposés en chaînettes.</li>
<li>Gram négative.</li>
</ul></td>
<td>salmonella</td>
</tr>
<tr>
<td>MacConkey</td>
<td>
Figure 45 : Morphologie des colonies sur MacConkey .
<ul>
<li>Colonies circulaires, lisses, convexes et à contours réguliers</li>
</ul></td>
<td>

Figure 46 : Observation microscopique sur MacConkey.
<ul>
<li>Présence de bacilles isolés.</li>
<li>Réaction de Gram négative.</li>
</ul></td>
<td>Klebsiella pneumoniae</td>
</tr>
</table>

Les caractéristiques macroscopiques des colonies bactériennes obtenues par ensemencement en stries et en quadrants après incubation, présentées dans le Tableau 08 , révèlent une importante diversité morphologique se traduisant par des variations de taille, de forme et de pigmentation.

L'examen microscopique a permis de mettre en évidence deux groupes bactériens distincts : les bactéries à Gram positif et les bactéries à Gram négatif .

- **Discussion**

L'évaluation de la qualité de l'eau de l'Oued El-Kebir, basée sur les paramètres physiques et les analyses microbiologiques, met en évidence une qualité globalement satisfaisante sur le plan physico-chimique, mais présentant une altération microbiologique témoignant d'une contamination d'origine essentiellement fécale.

Les paramètres physiques mesurés montrent que la température de l'eau a varié entre **13 et 18 °C**, valeurs caractéristiques de la saison d'étude (février-avril), sans présenter de conditions défavorables au développement des microorganismes. Le **pH**, compris entre **7,6 et 8**, reste dans l'intervalle recommandé pour les eaux superficielles et traduit un milieu légèrement alcalin favorable à la stabilité des écosystèmes aquatiques. Ces résultats sont conformes aux valeurs généralement observées dans les cours d'eau naturels.

La **conductivité électrique**, variant entre **1141 et 1347 µS/cm**, indique une minéralisation relativement élevée de l'eau. Toutefois, selon la grille de classification de l'**ABH-CSM (2009)**, ces valeurs demeurent dans la catégorie des eaux de **bonne qualité**, puisqu'elles restent largement inférieures au seuil de 2500 µS/cm. Cette minéralisation peut être attribuée à la nature géologique de oued el-kebir ainsi qu'aux apports des eaux de ruissellement et des activités agricoles.

En revanche, les résultats microbiologiques révèlent une contamination bactérienne notable. Les concentrations élevées en **germes revivifiables à 22 °C et à 37 °C** traduisent une importante charge microbienne et reflètent une richesse en matières organiques biodégradables favorisant le développement bactérien. Bien que ces germes ne soient pas nécessairement pathogènes, leur abondance constitue un indicateur d'une dégradation de la qualité microbiologique de l'eau.

La présence des **coliformes totaux** dans tous les sites confirme une contamination environnementale du cours d'eau. Même si les valeurs enregistrées restent compatibles avec certaines normes relatives aux eaux superficielles, elles témoignent néanmoins de l'influence des activités anthropiques, notamment les rejets domestiques, le ruissellement agricole et les apports des eaux usées.

Les **coliformes fécaux (Escherichia coli)** et les **streptocoques fécaux**, détectés dans l'ensemble des stations, constituent des indicateurs fiables d'une contamination fécale récente. Les concentrations plus élevées observées au cours des mois de mars et d'avril pourraient être liées à l'augmentation des températures, au ruissellement des eaux de pluie et aux activités humaines exercées à proximité des sites de prélèvement. La présence simultanée de ces deux groupes bactériens confirme une pollution d'origine fécale pouvant être aussi bien humaine qu'animale.

La détection des **anaérobies sulfito-réducteurs (ASR)** dans certains prélèvements indique, quant à elle, l'existence d'une contamination plus ancienne du milieu aquatique. Les spores de ces bactéries étant particulièrement résistantes dans l'environnement, leur présence traduit une pollution persistante ayant affecté le cours d'eau antérieurement.

Par ailleurs, l'observation de différentes colonies bactériennes sur les milieux de culture sélectifs (MacConkey, Chapman, Hektoen, SS et gélose nutritive) ainsi que la mise en évidence de bactéries à Gram positif et à Gram négatif témoignent d'une diversité microbiologique importante. Cette diversité reflète la multiplicité des sources de contamination auxquelles est exposé l'Oued El-Kebir.

Dans l'ensemble, la confrontation des résultats obtenus avec la grille de classification des eaux superficielles montre que **la qualité physique de l'eau demeure globalement bonne**, tandis que **la qualité microbiologique apparaît altérée par une contamination fécale**. Ainsi, malgré des caractéristiques physiques conformes aux normes, la présence des bactéries indicatrices de contamination révèle que cette eau ne peut être considérée comme apte à une consommation directe sans traitement approprié. Ces résultats mettent en évidence l'impact des activités anthropiques sur la qualité des eaux de l'Oued El-Kebir et soulignent la nécessité d'un suivi régulier, associé à des mesures de protection de l'Oued El-Kebir afin de limiter les apports de pollution microbiologique.

# CONCLUSION

Cette étude a permis d'évaluer la qualité microbiologique des eaux de l'Oued El Kebir à travers le suivi de plusieurs paramètres physique et microbiologiques. Les résultats obtenus mettent en évidence une variation des différents indicateurs étudiés, traduisant l'influence des activités anthropiques et des conditions environnementales sur la qualité des eaux.

Les analyses microbiologiques ont révélé la présence de germes indicateurs de contamination fécale, notamment les coliformes totaux, les coliformes fécaux, les streptocoques fécaux et les bactéries anaérobies sulfito-réductrices. Cette contamination témoigne d'apports d'origine domestique, agricole ou liés aux rejets d'eaux usées affectant certains sites étudiés.

L'identification bactériologique a également mis en évidence la diversité de la flore microbienne présente dans les échantillons analysés. Les observations macroscopiques et microscopiques ont permis de distinguer plusieurs groupes bactériens appartenant aux bactéries à Gram positif et à Gram négatif.

Dans l'ensemble, les résultats obtenus indiquent une altération de la qualité microbiologique des eaux de l'Oued El Kebir, pouvant représenter un risque pour la santé publique et pour l'équilibre écologique du milieu aquatique. Ces observations soulignent la nécessité de mettre en place un suivi régulier de la qualité des eaux ainsi que des mesures de protection et de gestion visant à limiter les différentes sources de pollution.

Enfin, cette étude constitue une contribution à la connaissance de l'état sanitaire des eaux de l'Oued El Kebir et peut servir de base à de futures investigations portant sur la surveillance et la préservation des ressources hydriques de la région.

# « REFERANCES BIBLIOGRAPHIQUE »

- **Abdellioui S., Boukhdim A. et Hamzaoui H., (2012) :** Qualité microbiologique d'un écosystème lotique Cas de l'Oued El Kebir Ouest (Skikda, Nord - Est Algérien). Mémoire de Master. Université 08 Mai 1945 Guelma. P 20.
- **Afri-Mehennaoui, F.Z., 1998.** Contribution à l'étude physico-chimique et biologique de l'Oued Kébir-Rhumel et de ses principaux affluents. Mémoire de Magister en Ecologie .Université de Mentouri de Constantine. 238p.
- **Ait Kaci, S., Hamdi, M.S., 2008.** Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'embouchure de l'oued "Béni-Messous".DEUA en science de la mer. (I.N.S.M.A.L).
- **Agence du bassin hydrographique Constantinois- Seybousse- Mellegue, 2009.** Cahiers de l'A.B.H.- C.S.M. n°13, 40p.
- **Aminot, A., Chausspied, M., 1983**. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. 395p.
- **Andi., 2013.** Agence Nationale de Développement de l'Investissement.
- **Aouissi, A., Fouzari, A., Meziane, N., 2007**. Qualité bactériologique de l'eau d'Oued Seybouse.Mémoire d'ingéniorat. Université 8 mai 1945 Guelma. 57p.
- **Bagnouls, F., Gaussen, H., 1957.** Les climats biologiques et leurs classifications. Annales de géographie. France. Vol. 66. N°355. 193-220p.
- **Barkat, K., 2016.** Suivi de la qualité physico-chimique des eaux du Barrage Béni Haroun .Mémoire de Master 2 : Gestion durable des Ecosystèmes et protection de l'environnement. Université des Frères Mentouri Constantine, 35p.
- **Benchabane R et Merzoug N., (2015)** : Contribution a l'étude de la qualité bactériologique et phytoplancton que de l'eau du marais Boussedra el boni (Annaba). Mémoire de Master. Université 8 Mai 1945 Guelma, 5 -38p.
- **Benchikh El fegoun, M.C., Gharbi, M., Djebir, S., Kohil K., 2013.** Dynamique d'activité saisonnière des tiques ixodidés parasites des bovins dans deux étages bioclimatiques du nord-est algérien. Revue l'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 2013, 66(4) : 117- 122p.
- **Berkal, K., Elouaere, F., 2014.** Inventaire et écologie des oiseaux d'eau au niveau du barrage de béni Haroun (Wilaya de Mila) : saison d'hivernage 2013/2014.Mémoire Master 2. Centre Universitaire de Mila. 85 p.
- **Bernard F, philippe H , martine L , patrick L , pierre P, dominique T., 2003** . Qualité de l'eau . Edisem / Tec & Doc . Canada (Acton Vale) et France (Paris) .
- **Bliefrt Claus & Perraud Robert., 2001** Chimie de l'environnement : air, eau, sols, déchets. p : 271,290, 291.

- **Boglin Jean-claude.,2008.** Propriétés des eaux naturelles. Technique de l'ingénieur, traité environnement, G1 110.

- **Boissonneault, Y., Campeau, S., Lavoie, I., Grenier, M., et Lacoursière, S., 2009**.Le suivi de la qualité de l'eau des rivières à l'aide de l'indice IDEC. Guide d'utilisation de l'Indice Diatomées de l'Est du Canada (IDEC). Université du Québec à Trois Rivières, 18p.

- **Boudraa, W., 2016.** Contribution à l'étude écologique de l'avifaune aquatique d'une zone humide péri-urbaine : cas du marais de Boussedra (Nord-est de l'Algérie).Thèse de Doctorat : Biologie Animale Biodiversité, Evolution Et Ecologie De La Santé. Université Badji Mokhtar – Annaba, 146p.

- **Boukroma. N., 2008.** Contribution à l'étude de la qualité microbiologique de l'eau d'un écosystème aquatique artificiel: cas de la retenue collinaire d'Ain Fakron, wilaya d'Om El Bouaghi. Memoire de Magister. Université de Guelma. P 64.

- **Boulbair, N.E., et Soufane A., (2011).** Evaluation du risque de contamination par les métaux lourds dans l`eau, les sédiments et les poissons du barrage de béni Haroun de la wilaya de Mila. Mémoire de fin d`études.

- **Boulben, D., Guenifi, N., Leknouche, N., 2020.** Ecologie de la famille des Rallidés hivernante dans le Barrage de Béni Haroun (wilaya de Mila). Mémoire de Master 2 : Protection Des Ecosystèmes. Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf-Mila, 38p.

- **Brémond, R., Vuichard, R., 1973**. Les paramètres de la qualité de l'eau. Ed. La documentation française, Paris, France, 173p.

- **Brémond, R., Vuichard, R., 1973.** Les paramètres de la qualité de l'eau. Ed. La documentation française, Paris, France, 173p.

- **Brouillette, D., Ouellet, M., (2003).** Guide pour l'évaluation de la qualité bactériologique de l'eau en lac, Ministère du Développement durable. de l'Environnement. De la Faune et des Parcs.Canada, Québec Montréal. 8-22 p.

- **Camille D et Trébaol B., (2003) :** Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux : Réglementation, prélèvements, Analyses. Lavoisier Masson. 594 p. d'Endoume et Centre d'Océanographie, Marseille, France : 308-343p.

- **Carbonelles D. & Kouyoumdjian S. (1988),** Bactériologie médicale techniques usuelles.Med. Mal. Infe. 251 p .

- **CETIC., 2009.** Centre des Techniques de l'Information et de la Communication.

- **Chaalal, O.M., 2012.** Mila la wilaya .Edition, Albayazin. Alger. 209p.compartiments Eau /Sédiments de l'oued Rhumel, et barrages Hammam Grouz et Beni Haroun.

- **Chahlat, F., Kerdoud, K., 2019**. Etude de comportement d'installation chez l'Hirondelle de fenêtre (Delichon urbica) dans les étages climatiques de la wilaya de Mila. Mémoire de master 2 : Protection des Ecosystèmes. Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf-Mila, 61p.
- **Chaouch R., (2007).** Identification et quantification des déchets solides encombrant les plages d'Annaba : aspect physico- chimique et bactériologique des eaux. Mémoire de Magister. Université Badji- Mokhtar Annaba. 105p.
- **Chaoui M., (2013) :** Contribution a l'étude de la qualité physico-chimique et métallique des eaux de surface (oued Moulouya/barrage Hassan II) au voisinage de la mine abandonnée Zeïda (haute Moulouya). Mémoire de Master, Université cadi ayyad.13p
- **Cherif, H., Silimi, A., Ghoul, M. (2001).** La résistance aux antibiotiques des **Salmonella** dans les eaux de rivière de Sétif. Science et Technologie, **16:** 55-62.
- **Chifflet, S., Gerard, P., Fichez, R., 2004**. Manuel d'analyses chimiques dans l'eau de mer. Biologie marine .Laboratoire de Chimie Marine, Institut de recherche pour le développement (IRD), Nouméa, Calédonie, 83p.
- **Chocat, B., 1997.** Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement. Technique et Documentation, 121p.
- **Coulibaly K. (2005).** Etude De La Qualité Physico-chimique Et Bactériologique De L'eau Des Puits De Certains Quartiers Du District De Bamako. Thèse de Doctorat, Université de Bamako. 69p.
- **Dajoz, R., 2000.** Précis d'hydrologie. 7ème édition, Dunod, 300p.
- **Danjou L., 2012**. Prise en charge de la gastroentérite aiguë du nourrisson de moins de 2 ans par les médecins généralistes d'Eure-et-Loir en 2011. Thèse doctorat en médecine. Univ. François-Rabelais.90p.
- **De Villers, J., Squilbin, M., Yourassowsky, C., 2005**. Qualité Physico-Chimique Et Chimique Des Eaux De Surface. Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement.
- **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), (2005).
- **Detay M. (1993).** Le Forage D'eau ; Réalisation, Entretien Et Réhabilitation. Masson. 379p.
- **Faurie C., Ferra C., Medori P., (1980).** Ecologie. Edition. J. B. Baillère. Paris. 168p.
- **Genin B., Chauvin C., Menard F., (2003) :** Cours d'eau et indices biologiques : pollution, méthodes, IBGN ; 2ème édition : 221 p.

- **George, I., Servais, P. (2002**). Sources et dynamique des coliformes dans le bassin de la Seine. Ecologie des Systèmes Aquatiques. Université Libre de Bruxelles, Belgique, 46p.
- **Gérard, M., 2003.** La qualité de l'eau et de l'assainissement en France. Rapport. Office parlement d'Evaluation des Choix scientifiques et Technologiques.
- **Gisèle. B., (2007). ‌** Pollution des eaux des rivières et impact sur les populations riveraines. Université de Dschang, fasa, en gestion de l'eau. 6-117 p.
- **Godard A. &Tabeaud M. (2002).** « Les climats, mécanismes et répartition », édi. Cursus, Armand Colin, Paris.76 p.
- **Goita A., 2014**. Les bactéries pathogènes d'origine hydrique de l'épidémiologie à la prévention. Thèse de doctorat, Univ. Mohamed -Soussi faculté de médecine et de pharmacierabat. 134p
- **Guiraud J. et Galzy P. (1980).** L'analyse microbiologique dans les industries alimentaires. 533p.
- **Guiraud, J. P. (1998).** Microbiologie alimentaire. DUNOD, Paris, 652p.
- **Hans Bruyninckx , Willem Jan Goossen , Manuel Sapiano ., 2018 .** L'eau, c'est la vie . Agence européenne pour l'environnement . Denmark .
- **Haslay, C., Leclerc, H. (1993).** Microbiologie des eaux d'alimentation. Technique & Documentation, Lavoisier, 495p.
- **Herbet, S., Lecar, B., 2000.** Suivi de la qualité des rivières et des petits cours d'eau. Québec, direction des suivie de l'état de l'environnement. Ministère de l'environnement, rapport n°=QE.123.24.
- **Kherifi W., BekiriF.** 18 December 2016. Les maladies à transmission hydrique en Algérie. CRSTRA Journal Algérien des Régions Arides (JARA) No 14 (2017) p (74-83).
- **Kreisei, W. (1990).** Water quality and health. Wat. Sci. Tech, Kyoto, **23:** 201-209.
- **Labres E., (2006) :** Manuel des travaux pratique : analyse des eaux, institut Pasteur d'Algérie. 60p.
- **Labres., (2002) :** Pechère et al ., 1982 Pechère J-C et collaborateurs.1982.Les infections. edisem inc . 497p.
- **Lallogo H., (1992).** Concentration de certains métaux d'importance médicale dans les poisons: cas des poisons de la lagune de Lomé. Mémoire de Technicien Supérieur en Génie Sanitaire (EAM), UL, p: 36.
- **Lassoued K et Touhami N., (2008)** . contribution à l'étude de la qualité microbiologique de l'eau du barrage de hammam Debagh. Mémoire de l'ingéniera. Université 8 mai 1945 Quelma.52 p.

- **Le françois, J., 2007.** Dynamiques et origines des matières en suspension sur de petits bassins versants agricoles sur schiste. Hydrologie. Université Rennes 1, France, 281p.
- **Lebres et Mouffok F. (2008).** Le Cours D'hygiène Et De Microbiologie des eaux de boisson (Manuel De Travaux Pratiques des eaux). Institut Pasteur d'Algérie. 53p.
- **Lebres et Mouffok F. (2008).** Le Cours D'hygiène Et De Microbiologie des eaux de boisson (Manuel De Travaux Pratiques des eaux). Institut Pasteur d'Algérie. 53p.
- **Leclerc, H., Festy, B., Lazar, P. (1982).** Connaissances actuelles de la pathologie hydrique. Epidémiologie et santé publique, Masson, Paris, **30:** 363-385.
- **Lesne, J. (1998).** Hygiène publique, microbiologie et gestion de l'eau. Ecole nationale de la santé publique, Rennes, France, 7p.
- **Lightfoot, N.F., 2002.** Analyses microbiologiques des aliments et de l'eau. Directive pour l'assurance qualité. France. p387.
- **Lothaire Z., (2000).** Pollution et épuration des eaux. Texte de la 287e conférence de l'Université de tous les savoirs donnée le 13 octobre 2000. 11 p.
- **Madoui F., Sahraoui M., ( 2011).** Etude de l'impact des caractères physico-chimiques sur la communauté algale des cours d'eaux de la région d'oued Athmenia. pp 11.
- **Makram koubaa. (2018).** La fievretyphoide. servise de maladies infectieuses de Sfax. Faculté de médecine de sfax.
- **Marchal n., bourdon j-I et Richard** (1982)- les milieux de culture pour l'isolement et l'identification biochimique des bactéries. Biologie appliquée .éditions Dounia, paris pp 50-364.
- **Marchand M., Tissier C., Tixier C., Tronczynski V., (2004).** Les contaminants chimiques dans la Directive Cadre sur l'Eau, centreifremer de nantes. 5 p.
- **Mayat, S., 1994**. Techniques de traitement: aliments et eaux, 1ère édition, Edisem, 195p.
- **Mebarki, A., 2009.** Ressources et aménagement Algérie-les bassins hydrographique de l'est .5015 éd, O.P.U, Alger, Algerie, 389p.
- **Melghit M. (2012)** Qualité physico-chimique, pollution organique et métallique des compartiments Eau / Sédiments de l'Oued Rhumel, et des barrages Hammam Grouz et Béni Haroun. Mémoire de magistère en géologie, université Mentouri de Constantine, pp. 19-26.
- **Merabet, S., 2010.** Evaluation de la qualité physicochimique des eaux brutes et distribuées du barrage réservoir de Beni Haroun. Mémoire de magister en chimie analytique. Université Mentouri de Constantine. P 1.

- **Merzoug S., (2009) :** Étude de la qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau de l'écosystème lacustre Garaet Hadj-Taher Ben Azzouz, wilaya de Skikda. Mémoire de Magister. Université 8 mai 1945, Guelma. 113 p.
- **Metallaoui S., (2010).** Ecologie de l'avifaune aquatique hivernante dans garaet hadj-taher (Numidie occidentale, nord- est de l'Algérie). Thèse de doctorat. Université d'annaba. 170 p.
- **Mohammed K, Zouhir H, Sid Ahmed S.( 2014).** « la fièvre typhoïde », Tlemcen, Algérie, p 60 .
- **Monod I ., 1989.** Ménonto technique de l'eau tome. 9 éditions de cinquantenaire.
- **Moussa moumouni djermakoye**. (2005) les eaux résiduaires et des teintureries : Caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et impact sur les eaux de surface et les eaux souterraines. Thèse de doctorat en pharmacie. Université de BAMAKO.119p.
- **Nalco., 1983**.Manuel de l'eau.14éme édition, Tec- Doc– Lavoisier, Paris, France, 452p.
Paris, 1383p.
- **Payment, P., Hartman, P. (1998).** Les contaminations de l'eau et leurs effets sur la santé. Revue des sciences de l'eau, Numéro spécial, pp.199-210.
- **Perronne C., 2010.** Recommandations relatives aux conduites à tenir devant des gastroentérites aiguës en établissement d'hébergement pour personnes âgées. Edition haut conseil de la sante publique. 77p
- **Ramade F., (1984).** Eléments d'écologie fondamentale. Ed. mc. Graw hill, Paris, 397p.
- **Ramade F., (2003).** Dictionnaire encyclopédie de l'écologie et des sciences de l'environnement.
- **Ramade, F., 1993.** Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. Science Internationale, Paris, France, 822p.
- **Ramade, F., 2002.** Dictionnaire encyclopédique d'écologie et de science de l'environnement. 2eme édition, Dunod, Paris, France, 1100 p.
- **raymond desjardins ., 1997 .** le traitement des eaux . bibliothèque et archives nationales du québec . canada .
- **Rodier, J., 1984.** L'analyse de l'eau. Dunod, Paris, France, 1365p.
- **Rodier, J., 2005**. L'analyse de l'eau. Eaux naturelles. Résiduaires. Eau de mer. 8èmeédition.Dunod.
- **Rodier, J., 2009.** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 9eme édition, Dunod, Paris, France, 1600p.

- **Rodier, J., Bazin, C., Brontin, J. P., Chambon, P., Champsaur, H., Rodier, L. (1996).** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. DUNOD, 8eme édition, Paris,1135p.
- **Rodier, J., Legube, B., Merlet, N., 2009**. L'analyse de l'eau. 9ème édition. Dunod, Paris, France, 1600p.
- **Roland vilaginès. (2010).**Eau, environnement et santé publique.3è édition.11, rue lavoisier 75008 paris .
- **Rouaiguia, M ., 2010.** Qualité microbiologique de l'eau d'Oued Messida. Mémoire de master 2. Université 8 mai 1945 Guelma. 78p.
- **Roux M. (1987).** Office International De L'eau: L'analyse Biologique De L'eau. TEC& DOC. Paris. 229p.
- **Saadali B. (2007).** Etude De La Qualité Des Eaux Des Sources Issues Du Massif Dunaire De Bouteldja (Algérie Extrême Nord Orientale). Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar. Annaba. 83p.
- **Sacri A., 2014.** Transmission des gastro entérites et infections respiratoires aigües des enfants à leurs parents à domicile étude des enfants en centre de garde de la grande région de Québec. Mém. Maîtrise en épidémiologie clinique maîtres science. État Unis. 92p .
- **Saidani F, Hammadi S. (2017).** Contribution à l'étude de la dynamique & des impacts des maladies à transmission hydrique au niveau de la wilaya de Bouira. MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER. Filière de Sciences Biologiques .bouira.
- **Seltzer A., (1946).** Le climat de l'Algérie. Inst. Météo. Phys. glob. Université. Alger.219 p.
- **Servais, P., Castignolles, N., Petit, F., George, I., Ficht, A. (1999).** Contaminations bactériennes et virale, 18p.
- **Selaimia Nora et Boukerche Majeda .(2023)** .« Évaluation de la qualité microbiologique de l'eau potable (Eau de robinet) et l'eau de quatre sources naturelles dans la région de Guelma» ,Mémoire de master 120 pages,
- **Simon L . Di Majo b, M. Pichon , P. Hartemann.(2004)** . Comment désinfecter les circuits d'eau ? Mythes et réalités. Médecine et maladies infectieuses 34 (2004) S10-S13
- **Singeleton, P., 1999.** Bactériologie. 4ieme édition Dunod.542p.
- **Touati. M., (2002).** Consommation D'eau par Les Secteurs Industriels. Étude conduite par Planiste France pour le compte du Ministère de l'Écologie et du Développement durable Direction des Études et de l'Évaluation Environnementale Sous-directions des Politiques Environnementales. 97 p.

- **Vaillant, J., (1974).** Perfectionnements et nouveautés pour l'épuration des eaux résiduaires, eaux usée urbaines, eaux résiduaires industrielles. Ed. Eyrolles.21-22 p.
- **Villagines R., (2003) :** Eau, environnement et santé publique. Introduction à l'hydrologie. 2ème Edition : Tec et Doc. Lavoisier. 3p.
- **Villemeuve O., (1974).** Glossaire de météorologie et de climatologie. Les presses l'Université, Laval. Imprimé au Canada. 560 p.
- **Zerrougui, F., 2019.**Etude d'alimentation en eau potable des communes (Chigara, Terrai Bainen, Amira Arres, Tassala Lamtai) de la wilaya de Milaà partir du Barrage BENI HAROUN. Rapport de soutenance En vue de l'obtention du diplôme Licence professionnalisant en :
- **Hydraulique Spécialité :** Génie de l'Eau. Université de Bouira, 5-11p.
- **Zouaidia, H., 2006.** Bilan des incendies de forêts dans l'est algérien cas de Mila. Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Magistère : Ecologie et Environnement. CONSTANTINE de MENTOURI Université, 153p.

# « Annexes »

Annexe 01 : Typologie de la qualité des eaux destinées aux activités récréatives.

| CLASSIFICATION DE LA QUALITÉ DE L'EAU UTILISÉE POUR LES USAGES RÉCRÉATIFS | | | |
|---|---|---|---|
| Qualité de l'eau | Selon le programme environnement-plage | Coliformes fécaux (UFC)/ 100 millilitres | Explication |
| Excellente | A (Excellente) | 0-20 | Tous les usages récréatifs permis |
| Bonne | B (Bonne) | 21-100 | Tous les usages récréatifs permis |
| Médiocre | C (Passable) | 101-200 | Tous les usages récréatifs permis |
| Mauvaise | D (Polluée) | Plus de 200 | Baignade et autres contacts directs avec l'eau compromis |
| Très mauvaise | D (Polluée) | Plus de 1000 | Tous les usages récréatifs compromis |

**Annexe 02 :** Tableau de Mac Grady**.**

Tables NPP (d'après la norme ISO 7218 :1996(F))

**Tableau 1 - Table NPP pour 3 x 1 g (ml), 3 x 0,1 g (ml) et 3 x 0,01 g (ml).**

| Nombre de résultats positifs | | | NPP | Catégorie lorsque le nombre d'essais de mesures est de 1 pour le lot considéré | Limites de confiance | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | >95% | >95% | >99% | >99% |
| 0 | 0 | 0 | <0,30 | | 0,00 | 0,94 | 0,00 | 1,40 |
| 0 | 0 | 0 | 0,30 | 3 | 0,01 | 0,95 | 0,00 | 1,40 |
| 0 | 1 | 0 | 0,30 | 2 | 0,01 | 1,00 | 0,00 | 1,60 |
| 0 | 1 | 1 | 0,61 | 0 | 0,12 | 1,70 | 0,05 | 2,50 |
| 0 | 2 | 0 | 0,62 | 3 | 0,12 | 1,70 | 0,05 | 2,50 |
| 0 | 3 | 0 | 0,94 | 0 | 0,35 | 3,50 | 0,18 | 4,60 |
| 1 | 0 | 0 | 0,36 | 1 | 0,02 | 1.70 | 0,01 | 2,50 |
| 1 | 0 | 1 | 0,72 | 2 | 0,12 | 1,70 | 0,05 | 2,50 |
| 1 | 0 | 2 | 1,1 | 0 | 0,4 | 3,5 | 0,2 | 4,6 |
| 1 | 1 | 0 | 0,74 | 1 | 0,13 | 2,00 | 0,06 | 2,70 |
| 1 | 1 | 1 | 1,1 | 3 | 0,4 | 3,5 | 0,2 | 4,6 |
| 1 | 2 | 0 | 1,1 | 2 | 0,4 | 3,6 | 0,2 | 4,6 |
| 1 | 2 | 1 | 1,5 | 3 | 0,5 | 3.8 | 0,2 | 5,2 |
| 1 | 3 | 0 | 1,6 | 3 | 0,5 | 3,8 | 0,2 | 5,2 |
| 2 | 0 | 0 | 0,92 | 1 | 0,15 | 3,50 | 0,07 | 4,60 |
| 2 | 0 | 1 | 1,4 | 2 | 0,4 | 3,5 | 0,2 | 4,6 |
| 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0,5 | 3,8 | 0,2 | 5,2 |
| 2 | 1 | 0 | 1,5 | 1 | 0,4 | 3,8 | 0,2 | 5,2 |
| 2 | 1 | 1 | 2,0 | 2 | 0,5 | 3,8 | 0.2 | 5,2 |
| 2 | 1 | 2 | 2,7 | 0 | 0,9 | 9,4 | 0,5 | 14,2 |
| 2 | 2 | 0 | 2,1 | 1 | 0,5 | 4,0 | 0,2 | 5,6 |
| 2 | 2 | 1 | 2,8 | 3 | 0,9 | 9,4 | 0,5 | 14,2 |
| 2 | 2 | 2 | 3,5 | 0 | 0,9 | 9,4 | 0,5 | 14,2 |
| 2 | 3 | 0 | 2,9 | 3 | 0,9 | 9,4 | 0,5 | 14,2 |
| 2 | 3 | 1 | 3,6 | 0 | 0,9 | 9,4 | 0,5 | 14,2 |
| 3 | 0 | 0 | 2,3 | 1 | 0,5 | 9,4 | 0,3 | 14,2 |
| 3 | 0 | 1 | 3,8 | 1 | 0,9 | 10,4 | 0,5 | 15,7 |
| 3 | 0 | 2 | 6,4 | 3 | 1,6 | 18,1 | 1,0 | 25,0 |
| 3 | 1 | 0 | 4,3 | 1 | 0,9 | 18,1 | 0,5 | 25,0 |
| 3 | 1 | 1 | 7,5 | 1 | 1,7 | 19,9 | 1,1 | 27,0 |
| 3 | 1 | 2 | 12 | 3 | 3 | 36 | 2 | 44 |
| 3 | 1 | 3 | 16 | 0 | 3 | 38 | 2 | 52 |
| 3 | 2 | 0 | 9,3 | 1 | 1,8 | 36,0 | 1,2 | 43,0 |
| 3 | 2 | 1 | 15 | 1 | 3 | 38 | 2 | 52 |
| 3 | 2 | 2 | 21 | 2 | 3 | 40 | 2 | 56 |
| 3 | 2 | 3 | 29 | 3 | 9 | 99 | 5 | 152 |
| 3 | 3 | 0 | 24 | 1 | 44 | 99 | 3 | 152 |
| 3 | 3 | 1 | 46 | 1 | 9 | 198 | 5 | 283 |
| 3 | 3 | 2 | 110 | 1 | 20 | 400 | 10 | 570 |
| 3 | 3 | 3 | >110 | | | | | |
| autres valeurs | | | non cité dans la table ISO 7218 : 1996 (F) | | | | | |

Annexe 03 :

- Variation du nombre des germes totaux .

| | station 01 | | station 02 | | station 03 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 22° | 37° | 22° | 37° | 22° | 37° |
| fevrier | 280 | 280 | 300 | 350 | 300 | 360 |
| mars | 210 | 250 | 190 | 400 | 350 | 250 |
| avril | 400 | 660 | 250 | 700 | 550 | 350 |

- Variation du nombre des coliformes totaux, des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux.

| **Coliformes totaux CT/ml** | station 01 | station 02 | station 03 |
|---|---|---|---|
| Février | 6500 | 7500 | 8000 |
| Mars | 9000 | 10000 | 12000 |
| Avril | 20000 | 24000 | 15000 |

| **Coliformes fécaux CF/ml** | Premier prélèvement | Deuxième prélèvement | Troisième prélèvement |
|---|---|---|---|
| Février | 4000 | 5000 | 2000 |
| Mars | 6000 | 7000 | 4000 |
| Avril | 9000 | 8000 | 7000 |

| **Streptocoques fécaux SF/ml** | Premier prélèvement | Deuxième prélèvement | Troisième prélèvement |
|---|---|---|---|
| Février | 400 | 500 | 450 |
| Mars | 500 | 700 | 600 |
| Avril | 700 | 900 | 800 |