



UNIVERSITÉ  
DE BISKRA

Université Mohamed Khider de Biskra  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la terre  
Département des sciences de la nature et de la vie  
Filière : Sciences biologiques

Référence ..... / 2025

## MÉMOIRE DE MASTER

Spécialité : Microbiologie Appliquée

---

Présenté et soutenu par :  
**YOUNIBI Nourelhouda / SAAD Aya**  
Le :03/06/2025

# Contribution à l'étude des analyses physico-chimiques et microbiologiques des eaux d'irrigation dans la région de Sidi Okba (Biskra) en Algérie

---

### Jury :

Titre	Asma Medour	MB	Université de Biskra	Présidente
Dr.	Djamila Mokrani	MAA	Université de Biskra	Encadrante
Titre	<u>Nassima Benameur</u>	MB	Université de Biskra	Examinateuse

Année universitaire : 2024/2025

## **Remerciements**

Je remercie tout d'abord Allah de m'avoir donné le courage d'entamer et de finir ce  
Mémoire dans de bonnes conditions.

Je remercie vivement mon encadreur, Madame MOKRANI Djamilia, d'avoir dirigé ce  
travail avec beaucoup de compétence. Merci pour votre confiance et votre soutien qui  
m'ont été le souffle permanent durant toute l'année de réalisation de ce mémoire.

Je remercie aussi mon Co-encadreur, Mme Ziad Sabrina, pour son aide  
précieuse pour le bon déroulement de ce travail.

Je remercie également, Madame Athmani Houria, pour son accompagnement dans mes  
prélèvements.

Mes plus grands remerciements vont à l'équipe du centre de  
Recherche scientifique et technique sur les régions arides LARHYSE qui m'a offert  
cette opportunité d'effectuer mon travaille.

Je remercie vivement, Mme ALIMA pour leurs aides et encouragements.

Enfin, mes remerciements vont aussi à tous les amis (es) et à tous ceux qui ont  
participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

## Dédicaces

Je dédie cette réussite, fruit de longues années d'efforts et de persévérance, à ceux qui ont été ma force et mon inspiration tout au long de ce parcours :

À ma famille, source d'amour, de soutien et de courage.

À ma mère Akilla, mon pilier inébranlable, dont les prières, la tendresse et la présence constante ont été mon refuge depuis le début.

À mon père Mohamed, qui a toujours cru en moi, m'a soutenue avec patience et confiance, et a éclairé mon chemin.

Je prie Dieu de les préserver et de leur accorder une longue vie.

À mes frères et sœurs : Hanane, Dounia, Islam et Younes, pour leur soutien généreux, tant moral que matériel.

À la lumière de mon cœur, mon neveu Mohamed Jawad, qui a apporté tant de joie et de chaleur à mes journées.

À ma chère grand-mère, à toutes mes tantes, mes oncles, et à ma grande famille des Saâd et des Mabrouki.

À mes cousins et cousines, en particulier : Hiba, Manar, Sana, Khawla, Rabie et Khalil, toujours présents pour moi.

À mes compagnes de route : Djihane, Nour El Houda et Amina, qui ont partagé les défis et les réussites, donnant à ce voyage tout son sens.

Et à ceux que la vie a placés sur mon chemin pour en faire des amis précieux : Ghania, Amani et Djihane.

*Aya*

## Dédicaces

Je dédie cette réussite, fruit de longues années d'efforts et de persévérence, à ceux qui ont été ma force et mon inspiration tout au long de ce parcours

À ma famille, source d'amour, de soutien et de courage.

À mon père Abdelhalim, qui a toujours cru en moi, m'a soutenue avec patience et confiance, et a éclairé mon chemin.

À ma mère Saida , mon pilier inébranlable, dont les prières, la tendresse et la présence constante ont été mon refuge depuis le début.

Je prie Dieu de les préserver et de leur accorder une longue vie.

À mes sœurs et frère :Khoula ,Zineb ,Roukaia ,Saadia,Othmane pour leur soutien généreux, tant moral que matériel.

À enfants de mes sœurs: Issam , Abdelmouamen, Saja , Yazan et Wael et leurs père Omar et  
Mohamed

À ma grande famille des YOUBI et AZZOUZ

À mes compagnes de route : Radhia , Nesrine , Rofaida , Samah, Manar et aya qui ont partagé les défis et les réussites, donnant à ce voyage tout son sens.

À vous tous, ma gratitude éternelle et mon affection la plus sincère.

***NOUR El Houda***

# Tableaux de matières

Remerciements	
Dédicaces	
Dédicaces	
Tableaux de matières	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction .....	01
<b>Première partie</b> <b>Synthèse bibliographique</b> <b>Chapitre 1</b>	
<b>Généralité sur l'eau</b>	
I.Généralité sur l'eau.....	03
I.1. Eau naturelle .....	03
I.1.1. Définition de l'eau.....	03
I.1.1. Cycle de l'eau.....	03
I.2. Eau d'irrigation .....	04
I.2.1. Agriculture .....	04
I.2.2. Drainage et les eaux de drainage agricoles.....	04
I.2.3. Irrigation dans la région de Biskra.....	05
I.2.4. Hydrologie de la Région de Biskra.....	05
I.3. Eaux usées.....	06
I.4. Pollution de l'eau.....	06
I.4.1. Pollution microbiologique.....	07
I.4.2. Pollution chimique.....	07
I.4.3. Pollution en Algérie.....	07
I.4.4. Pollution des eaux dans la wilaya de Biskra .....	07
I.4.5. Effet de la pollution sur la transmission des maladies.....	07
<b>Chapitre 2</b>	
<b>Les facteurs sur la qualité de l'eau</b>	

II. Paramètre bactériologie et physico-chimique de l'eau.....	09
II.1. Paramètres bactériologie de l'eau.....	09
II.1. 1. Coliformes totaux.....	09
II.1.2. Coliformes fécaux.....	09
II.1.3. Streptocoques fécaux.....	10
II.1.4. Spores anaérobies sulfito-réducteurs.....	10
II.1.5. Salmonelles.....	10
II.1.6. Micro-organismes revivifiables .....	10
II.1.7. <i>Staphylococcus aureus</i> .....	10
II.2. Paramètre physico-chimique de l'eau.....	10
II.2.1. Température.....	10
II.2.2. pH.....	10
II.2.3. conductivité .....	11
II.2.4. Salinité .....	11
II.2.5. Nitrates.....	11
II.2.6. Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) .....	11
II.2.7. Sulfates .....	11
II.2.8. Résidu sec.....	12
II.2.9. Titre alcalimétrique complète TAC.....	12
II.2.10. Calcium.....	12
II.2.11. Magnésium .....	12

## **Deuxième partie**

### **Partie expérimentale**

#### **Chapitre 3**

#### **Matériel et méthodes**

III.1. Zone d'étude.....	13
III.1.1. Situation géographique de la wilaya de Biskra .....	13
III.1.2. Contexte climatologique.....	14
III.2. Prélèvement des échantillons.....	14
III.2.1. Lieu et période de prélèvement.....	15
III.2.2. Mode de prélèvement .....	15

III. 3.Méthode d'analyse .....	15
III. 3.1. Méthode d'analyse des paramètres bactériologique .....	15
III. 3.1.1. Recherche et dénombrement des coliformes .....	16
III.3.1.2. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux en milieux liquides.	18
III.3.1.3. La Recherche et dénombrement des germes revivifiables.....	19
III.3.1.4. Recherche et dénombrement des Spores d'Anaérobies Sulfito-Réducteurs ..	20
III.3.1.5. Recherche de salmonelles.....	22
III.3.1.6. Recherche de <i>Staphylococcus aureus</i> .....	22
III. 3.2. Méthode d'analyse des paramètres physico-chimique .....	23
III. 3.2.1. pH.....	24
III. 3.2.2. Détermination de la conductivité .....	24
III. 3.2.3. Nitrite NO <sub>2</sub> -.....	25
III. 3.2.4. Nitrate NO <sub>3</sub> -.....	28
III. 3.2.5. Ammonium NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> .....	31
III. 3.2.6. Sulfates SO <sub>4</sub> 2-.....	34
III. 3.2.7. Calcium Ca <sup>2+</sup> .....	38
III. 3.2.8. Dosage de la somme du calcium et magnésium par méthode titrimétrique a l'EDTA.....	40
III. 3.2.9. Chlorure Cl <sup>-</sup> .....	43
III. 3.2.10. La dureté totale (ou hydrotimétrique = TH); .....	46
III. 3.2.11. Détermination de TAC: .....	47
III. 3.2.12. Détermination du Résidu sec.....	50

#### Chapitre 4

#### Résultats et discussion

IV.Résultats et discussion .....	54
IV.1. Résultats et discussion des analyses bactériologie de l'eau .....	54
IV.1.1. Germes revivifiables .....	55
IV.1.2. Coliformes totaux.....	56
IV.1.3. Coliformes fécaux.....	59
IV.1.4. Streptocoques fécaux.....	60
IV.1.5. Bactéries anaérobies sulfito-réducteurs(ASR).....	63

IV.1.6. <i>Salmonella</i> .....	65
IV.1.7. <i>Staphylococcus aureus</i> .....	68
IV.2. Résultats et discussion des analyses physico-chimiques de l'eau .....	73
IV.2.1. Potentiel d'hydrogène (pH) .....	74
IV.2.2. Minéralisation .....	75
IV.2.3. La salinité .....	75
IV.2.4. Nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) .....	76
IV.2.5. Nitrites.....	77
IV.2.6. Calcium (Ca <sup>2+</sup> ) et Magnésium (Mg <sup>2+</sup> ) .....	78
IV.2.7. La dureté.....	79
IV.2.8. Sulfates (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> ) et Chlorure (Cl <sup>-</sup> ) .....	80
IV.2.9. Titre alcalinimétrique complet.....	81
IV.2.10. Ammonium.....	82
IV.2.11. Solides totaux dissous (TDS) .....	83
IV.2.12. Résidu sec.....	84
Conclusion .....	87
Référence bibliographiques	
Annexe.	
résumés	

## **Liste des tableaux**

Tableau1. Exemples de dangers et de voies d'exposition associés à l'utilisation des eaux des extcret et des eaux ménagères en agriculture et en aquaculture (Annexe 1 ).....	08
Tableau2. Lieux d'échantillonnage.....	15
Tableau3. Références Les méthodes d'analyse des paramètres physico-chimique.....	23
Tableau4. Tableau Courbe d'étalonnage de nitrite.....	27
Tableau5. Tableau courbe d'étalonnage de nitrate.....	30
Tableau6. Tableau courbe d'étalonnage d'ammonium.....	33
Tableau7. Tableau de dosage du sulfate.....	36
Tableau8. Les résultats des analyses bactériologique.....	54
Tableau9. Dénombrement des germes révivivfiables.....	55
Tableau10. Tableau récapitulatif des analyses physico-chimique des eaux de forages..	73

## Liste des figures

Figure1. Cycle de leau dans un bassin versant (Donald, 2025) .....	4
Figure2. Situation géographique de la zone de Sidi Okba .....	13
Figure3. Flacon des échantillons(photo originale) .....	15
Figure4. Dénombrement des germes totaux à 22°C (photo originale).....	55
Figure5. Dénombrement des germes totaux à 37°C (photo originale).....	55
Figure6. Variation des germes révivifiable à 22°C et 37°C de l'eau d'irrigation dans les 6 échantillon....	56
Figure7. Résultats des coliformes totaux au milieu BCPL50ml(photo originale).....	57
Figure8. Résultats des coliformes totaux D/C au milieu BCPL 10ml (photo originale).....	57
Figure9. Résultats des coliformes totaux S/C au milieu BCPL 1ml (photo originale) .....	57
Figure10. Variation des coliformes totaux de l'eau d'irrigation dans les 6 échantillons .....	58
Figure11. Résultats des coliforme fécaux S/Cau milieu Schubert (photo originale) .....	59
Figure12. Résultats des coliforme fécaux D/C au milieu Schubert(photo originale) .....	59
Figure13. Variation des coliforme fécaux de l'eau d'irrigation .....	60
Figure14. Résultats des <i>streptocoques fécaux</i> au milieu ROTHE 50 ml (photo originale).....	61
Figure15. Résultats des streptocoques fécaux S/C au milieu ROTHE 10 ml(photo originale).....	61
Figure16. Résultats des streptocoques fécaux D/C au milieu ROTHE 1ml (photo originale) .....	62
Figure17. Variation des streptocoque fécaux de l'eau d'irrigation.....	62
Figure18. Résultats des spores d'Anaérobies Sulfito-Réducteurs au milieu viande foie(photo originale)..	63
Figure19. Résultats <i>Clostridium</i> après isolement sur milieu TY(photo originale) .....	64
Figure20. Observation microscopique de coloration de Gram des ASR échantillon 3 G×10 (photo originale).....	64
Figure21. Observation microscopique de coloration de Gram des ASR échantillon 5 G×10(photo originale).....	64
Figure22. Résultats positive de test catalase d'Anaérobies sulfito-Réducteurs(photo originale) .. ....	65
Figure23 Résultats positive des colonies <i>Salmonella</i> Ech 2(photo originale).....	66
Figure24.Observation microscopique de coloration de Gram des <i>Salmonella</i> Ech 2 . G×10(photo originale).....	66
Figure25. Résultats positive des colonies <i>Salmonella</i> Ech 5(photo originale).....	66
Figure26. Observation microscopique de coloration de Gram des <i>Salmonella</i> Ech 5. G×10(photo originale).....	66

Figure27. Résultats positive des colonies <i>Salmonella</i> Ech 6(photo originale).....	67
Figure28.Observation microscopique de coloration de Gram des <i>Salmonella</i> Ech 6. G×10(photo originale).....	67
Figure29. Résultat positive de test catalase de <i>Salmonella</i> .....	67
Figure30. Résultats positive <i>Salmonella</i> après isolement au milieu Hektoen Ech 6(photo originale).....	68
Figure31. Résultats positive des colonies <i>Staphylococcus aureus</i> Ech (photo originale).....	69
Figure32. Observation microscopique de coloration de Gram des <i>Staphylococcus aureus</i> Ech1. G×10...69	69
Figure33. Résultats positive des colonies <i>Staphylococcus aureus</i> Ech 2(photo originale).....	69
Figure34. Observation microscopique des coloration de Gram <i>Staphylococcus aureus</i> Ech2. G×10(photo originale).....	69
Figure35. Résultats positive des colonies <i>Staphylococcus aureus</i> Ech3(photo originale).....	70
Figure36. Observation microscopique des coloration de Gram <i>Staphylococcus aureus</i> Ech3 . G×10(photo originale).....	70
Figure37. Résultats positive des colonies <i>Staphylococcus aureus</i> Ech 4 (photo originale).....	70
Figure38. Observation microscopique de la coloration de Gram <i>Staphylococcus aureus</i> .Ech 4. G×10(photo originale).....	70
Figure39. Résultats positive des colonies <i>Staphylococcus aureus</i> Ech 6(photo originale).....	71
Figure40. Observation microscopique de la coloration de Gram <i>Staphylococcus aureus</i> Ech6 G×10(photo originale).....	71
Figure41. Résultats positifs de test catalase de <i>Staphylococcus aureus</i> (photo originale).....	71
Figure42. Variation des pH d'eau d'irrigation dans 6 d'échantillons .....	74
Figure43. Variation de conductivité électrique d'eau d'irrigation.....	75
Figure44. Variation de salinité d'eau d'irrigation dans 6 d'échantillons .....	76
Figure45. Variation de nitrate d'eau d'irrigation dans 6 d'échantillons .....	77
Figure46. Variation de nitrite d'eau d'irrigation dans 6 d'échantillons .....	78
Figure47. Variation de calcium d'eau d'irrigation dans 6 d'échantillons .....	79
Figure48. Variation de magnésium d'eau d'irrigation dans 6 d'échantillons.....	79
Figure49.Variation de Dureté d'eau d'irrigation dans 6 d'échantillons.....	80
Figure50.Variation de chlorure d'eau d'irrigation dans 6 d'échantillons.....	81
Figure51.Variation de sulfates d'eau d'irrigation dans 6 d'échantillons.....	81
Figure52. Variation des TAC d'eau d'irrigation dans 6 d'échantillons.....	82
Figure53. Variation d'Ammonium d'eau d'irrigation dans 6 d'échantillons .....	83
Figure54. Variation TDS d'eau d'irrigation dans 6 d'échantillons .....	84
Figure55. Variation Résidu sec d'eau d'irrigation dans 6 d'échantillons .....	85

## Liste des abréviations

- **ASR** : Aérobies sulfito-réducteur
- **BCPL** : Bromo-Crésol Pourpre Lactose
- **BGN** : Bacilles Gram Négatif
- **°C** : Degré Celsius
- **Cond** : Conductivité électrique
- **D / C** : Double Concentration
- **Ech** : Echantillon
- **F°** : Degré français
- **FAO** : Food and Agriculture Organization
- **G** : Grossissement
- **GPI** : Grand Périmètre d'Irrigation
- **NPP** : Nombre le Plus Probable
- **OMS** : Organisation Mondial de la Santé
- **pH** : potentiel d'hydrogène
- **S / C** : Simple Concentration
- **Sal** : Salinité
- **TA** : Titre alcalimétrique
- **TAC** : Titre Alcalimétrique complète
- **TDS** : Taux des Sels Dissous
- **TH** : Dureté ou Titre hydrotimétrique
- **TY** : Trypticase Yeast
- **TGEA** : Gelose Tryptone Glucose
- **R.sec** : Résidu sec

# Introduction

### Introduction

L'eau représente la sève de la vie et une nécessité impérieuse pour la continuité de l'existence humaine et la prospérité des diverses activités vitales, allant de la consommation quotidienne jusqu'aux piliers du développement économique tels que l'agriculture et l'industrie. Avec l'expansion urbaine et industrielle accélérée et la croissance démographique constante, la demande pour cette ressource vitale augmente considérablement (**Ferhatia et al., 2021**), où l'eau est largement utilisée à des fins de consommation et d'irrigation agricole qui représente la part la plus importante de la consommation mondiale (**Qadir et al ., 2007**).

La qualité de l'eau revêt une importance capitale, notamment en ce qui concerne la santé humaine et la sécurité des cultures agricoles. Outre les caractéristiques physiques et chimiques, les analyses bactériologiques sont d'une importance primordiale pour détecter la présence de micro-organismes pathogènes qui pourraient contaminer les sources d'eau potable et se propager via l'eau d'irrigation, affectant ainsi la qualité des produits agricoles et la santé des consommateurs. Cependant, cette ressource précieuse est confrontée à un défi mondial croissant, à savoir la détérioration de sa qualité, en raison des pratiques industrielles irresponsables, de l'utilisation intensive d'engrais et de pesticides chimiques dans l'agriculture, et de l'expansion urbaine qui s'accompagne souvent d'une pollution des ressources en eau (**Bouchemal , 2017**).

À ces facteurs s'ajoutent les eaux usées, non traitées ou insuffisamment traitées, qui constituent une source majeure de pollution bactérienne et chimique des eaux de surface et souterraines.

En Algérie, la situation n'est guère différente, où les activités industrielles et métallurgiques figurent parmi les principales sources de pollution des eaux souterraines par des éléments traces, en plus des déchets et des substances polluantes générés par les activités agricoles, minières et industrielles modernes(**Bouchemal , 2017**)

L'étude de cette situation prend une importance accrue dans les régions à caractère agricole et industriel telles que la wilaya de Biskra, qui dépend fortement de ses ressources en eau pour satisfaire les besoins de sa population et de ses activités économiques, où la pollution de l'eau peut affecter directement la santé des habitants et la qualité des cultures agricoles, qui constituent la base de l'activité économique de la région. Partant de cette importance et de cette problématique, cette recherche vise à évaluer la qualité de l'eau dans la wilaya de Biskra (la region de Sidi okba), en se concentrant particulièrement sur les aspects bactériologiques et en

## Introduction

---

examinant l'étendue de l'impact des différentes activités humaines, y compris le rejet des eaux usées, sur cette qualité. Les principaux objectifs de cette recherche sont les suivants :

- ❖ Identifier et évaluer les caractéristiques physiques, chimiques et bactériologiques des eaux de la wilaya de Biskra à différents niveaux.
- ❖ Analyser les données obtenues afin de clarifier la qualité de l'eau dans la région, en mettant l'accent sur les risques sanitaires potentiels.
- ❖ Proposer des recommandations pratiques contribuant à l'amélioration de la gestion et de la protection des ressources en eau dans la wilaya de Biskra, y compris le traitement des eaux usées et la garantie de la sécurité de l'eau potable et d'irrigation. Pour atteindre ces objectifs, la recherche s'appuiera sur la collecte et l'analyse des données disponibles, la réalisation de campagnes de terrain pour prélever des échantillons d'eau de différents sites de la wilaya de Biskra, ainsi que la réalisation des analyses de laboratoire nécessaires pour évaluer sa qualité physique, chimique et bactériologique. Les données seront également analysées à l'aide d'outils statistiques appropriés afin d'obtenir des résultats précis et fiables.

Le travail est divisé en 2 parties

-La 1<sup>ère</sup> partie comporte 2 chapitres visant à donner des généralités sur l'eau ainsi que les facteurs influant sur la qualité des eaux.

-La 2<sup>ème</sup> partie comporte les différentes méthodes d'analyses microbiologiques et physico-chimiques d'eau d'irrigation suivie d'une discussion des résultats des différents paramètres et d'une conclusion générale.

# **Première partie**

# **Synthèse bibliographique**

# Chapitre 1

## Généralité sur l'eau

**I.Généralité sur l'eau****I.1.Eau naturelle****I.1.1.définition de l'eau**

L'eau est une ressource vitale pour tous les êtres vivants et indispensable aux activités humaines comme l'agriculture, l'élevage et l'industrie(**Tieligounon et al ., 2024**)

**I.1.2.Cycle de l'eau**

Le cycle de l'eau, également appelé cycle hydrologique, désigne l'enchaînement des transformations qui interviennent dans le mouvement de l'eau à travers l'environnement (Figure 1).

Les états de l'eau « liquide (océan, mer, pluie) , solide (glace, neige, givre) et gazeux (dans l'air) », interviennent dans le cycle de l'eau à travers un parcours composé de quatre étapes (**Négrel , 2014**).

- **Evaporation**

Sous l'effet du soleil, l'eau à la surface de la Terre s'évapore et les plantes libèrent de la vapeur par transpiration. En montant dans l'atmosphère, l'air chaud chargé de cette vapeur se refroidit (**Rotillon , 2022**).

- **Condensation**

L'eau se transforme alors en gouttelettes ou en cristaux qui, en grossissant et en se regroupant, donnent naissance aux nuages(**Mbourou, 2025**).

- **Précipitation**

Quand ces gouttes ou ces cristaux deviennent trop lourds pour rester en suspension dans l'air, ils tombent alors sous forme de précipitations(**Rey et al .,2023**).

- **ruissellement**

Le ruissellement est l'écoulement de l'eau vers le sol et les roches après une précipitation(**Mbourou, 2025**).

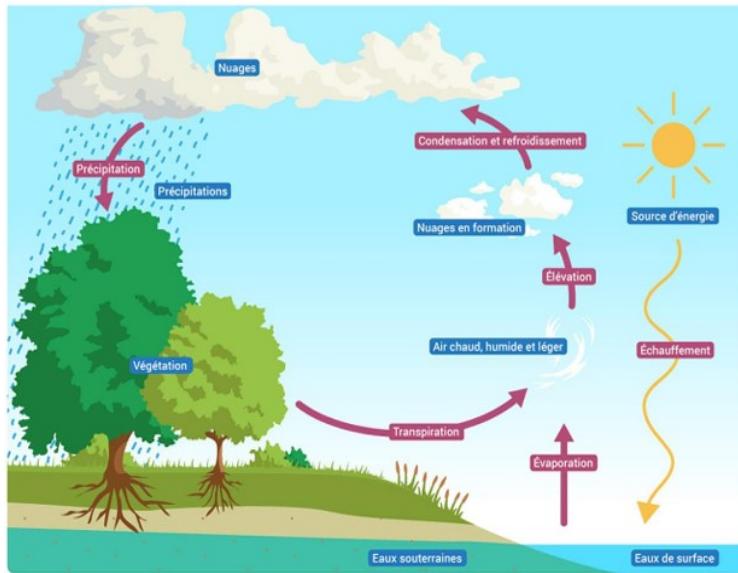


Figure 1.cycle de l'eau dans un bassin versant (Mbourou, 2025).

## I.2.Eau d'irrigation

### I.2.1. Agriculture:

L'agriculture est le secteur qui consomme le plus d'eau, avec l'irrigation représentant 70% de la consommation mondiale, voire jusqu'à 95% dans certains pays en développement. La qualité de l'eau d'irrigation est cruciale pour les cultures, en particulier dans les zones arides et semi-arides, où l'agriculture irriguée est essentielle pour la sécurité alimentaire. Cependant, le développement rapide de l'agriculture et la croissance démographique ont conduit à une sur exploitation des ressources en eau, notamment dans le Sahara algérien. Cela a provoqué des problèmes liés à la remontée des nappes phréatiques, à l'assainissement et à l'abaissement des nappes profondes, nécessitant la mise en place de forages et d'ouvrages hydrauliques (Lahchache et Boujenahl).

### I.2.2.Drainage et les eaux de drainage agricoles

L'irrigation est une technique visant à éliminer naturellement ou artificiellement les excès d'eau souterraine et de surface ainsi que les sels dissous dans les terres afin d'améliorer la production agricole. Dans le cas du drainage naturel, l'excès d'eau se déplace des champs vers les lacs, marécages, fleuves et rivières. Dans un système artificiel, l'excès d'eau souterraine ou de surface est évacué par des canalisations souterraines ou de surface.

Les objectifs du drainage incluent :

- Évacuer l'excès d'eau de pluie par les drains de surface, qui recueillent principalement l'écoulement de surface.
- Gérer le niveau d'eau souterraine et éliminer les sels dans la zone racinaire.
- Déplacer l'eau collectée des canaux secondaires vers le canal principal.
- Acheminer l'eau depuis les collecteurs jusqu'à l'extoir du système ou au site d'évacuation (Benakcha, 2024).

### I.2.3. Irrigation dans la région de Biskra

Les eaux souterraines constituent la principale source d'irrigation dans la région de Biskra, en raison de l'abondance de ces ressources dans les différents systèmes aquifères de la région. Elles sont largement exploitées pour répondre aux besoins de l'agriculture, d'autant plus que l'utilisation des barrages y est principalement réservée à l'irrigation. L'agriculture, étant l'un des secteurs les plus consommateurs d'eau, dépend fortement de ces ressources pour son développement dans la région (Bouchemal et al., 2011).

### I.2.4. Hydrologie de la Région de Biskra

La région de Biskra est drainée par une série d'Oueds dont les plus importants sont :

Oued Djedi, Oued Biskra, Oued El- Arab, Oued El- Abiod, il contient également deux barrages la fontaine de la gazelle, il irrigue le grand périmètre d'irrigation (GPI) à El Outaya et celui de Foum El-Gherza à Sidi Okba destiné à l'irrigation des palmeraies et plus de 15918 forages et 3573 puits agricoles (Saad, 2023). La plaine de Biskra présente des ressources en eau souterraines importantes, représentées par quatre unités aquifères :

➤ **nappe phréatique** : Cette nappe se localise généralement dans les accumulations alluvionnaires, elle est alimentée essentiellement par les eaux des précipitations, d'infiltration des Oueds et des eaux d'irrigation. Elle est trop sollicitée dans la ville de Biskra, elle est utilisée pour l'alimentation en eau potable.

➤ **nappe des sables** : L'aquifère est constituée par une alternance de niveaux d'Argiles, Sables, et Cailloutis d'âge mio-pliocène, elle couvre une grande superficie de la wilaya. A l'Est de la wilaya de Biskra, cette nappe se subdivise en deux aquifères, séparés par une épaisse couche d'argile et d'argile sableuse, l'un profond désigné sous le nom du Pontien et l'autre moyennement profond qui est la nappe du Mio-Pliocène.

- **nappe des calcaires** : cette nappe est constituée essentiellement de calcaires fissurés, d'âge Eocène inférieur, elle est la plus sollicitée dans les palmeraies des Ziban, cette dernière est appelée « Nappe de Tolga ».
- **nappe du continental intercalaire** : c'est un réservoir très important, constitué essentiellement de Grés et de marnes d'âge Albien et Barrémien, son exploitation est très couteuse. Cette nappe est représentée dans la wilaya, par des sources hydrothermales(**Saad, 2023**).

### I.3. Eaux usées

Les eaux rejetées après leurs utilisations pour les activités domestiques, industrielles, artisanales ou agricoles et celles déversées à la suite d'évènements pluvieux constituent les eaux usées. Celles-ci sont généralement classées en trois grandes catégories :

- les eaux usées domestiques.
- les eaux usées industrielles.
- les eaux pluviales et de ruissellement.

Les eaux usées sont composées d'environ 99% d'eau et 1% de matières solides en suspension colloïdales et dissoutes. Les conséquences de l'émission d'eaux usées non traitées ou maltraitées peuvent être classées en trois catégories :

- effets nocifs pour la santé humaine.
- impacts négatifs sur l'environnement.
- répercussions néfastes sur les activités économiques (**Sawadogo, 2018**).

### I.4. Pollution de l'eau

La pollution des eaux est un problème sérieux pour l'homme et son environnement, avec la croissance démographique que connaît , les changements climatiques et le développement industriel et agricole, le contrôle et la surveillance de la qualité des eaux de surface et les eaux souterraines devraient susciter un intérêt particulier (**Eloualilamlami et al .,2010**).

#### I.4.1. Pollution microbiologique

Elle résulte de la présence de micro-organismes pathogènes comme les bactéries, les virus, les parasites et autres agents pathogènes qui proviennent des eaux usées, les déchets humains et animaux, les déchets agricoles et les déchets industriels. Les effets de la pollution microbiologique de l'eau peuvent inclure la propagation de maladies, y compris des maladies diarrhéiques, des infections respiratoires et des maladies de la peau(**Line, 2017**).

#### **I.4.2.Pollution chimique**

La pollution chimique de l'eau est une forme de pollution qui résulte de la présence de produits chimiques toxiques comme les métaux lourds, les pesticides, les produits pharmaceutiques et autres substances chimiques dans les sources d'eau. Les principales sources sont les eaux usées industrielles et municipales, les déchets agricoles, les déchets électriques et électroniques, et les déchets de construction. Les effets de ce type de pollution sont préjudiciables à la faune aquatique et peuvent par la même contaminer l'eau et propager des maladies (Bensalem,2016).

#### **I.4.3. Pollution en Algérie**

La pollution des eaux constitue une réalité préoccupante en Algérie, résultant de divers facteurs tels que les rejets industriels non traités et le dysfonctionnement généralisé des stations d'épuration. Le déversement direct des eaux usées en mer et la vétusté des réseaux de distribution d'eau potable, souvent juxtaposés aux réseaux d'assainissement, aggravent la situation. Sur la bande côtière, où se concentrent de nombreuses activités industrielles, les rejets des complexes pétrochimiques contribuent significativement à la contamination du milieu marin. Cette pollution représente une menace sérieuse pour l'environnement et la santé publique, réduisant la disponibilité de l'eau propre à l'usage et favorisant la propagation de maladies(Bouchemal,2017).

#### **I.4.4. Pollution des eaux dans la wilaya de Biskra**

La qualité de l'eau représente un défi national majeur, particulièrement dans les zones désertiques, où la contamination chimique et microbiologique rend l'eau impropre à la consommation et se révèle souvent suite à des épidémies de maladies hydriques. Dans la région de Biskra, des études ont démontré la vulnérabilité variable des eaux souterraines à la pollution. Concernant les eaux agricoles dans le wilaya de Biskra, elles sont principalement affectées par la pollution due aux nitrates et aux phosphates, tandis que la contamination par les pesticides est un phénomène plus récent(Bouchemal,2017).

#### **I.4.5. Effet de la pollution sur la transmission des maladies**

La pollution environnementale, qu'elle soit liée à l'eau ou à l'agriculture, constitue un vecteur important de transmission des maladies à l'homme. Les agents pathogènes, tels que les bactéries, virus et les conditions de chaleur, d'humidité et de faible exposition solaire sont réunies. Dans le domaine agricole, l'usage d'eaux usées non traitées pour l'irrigation entraîne la

contamination des cultures par des agents biologiques ou chimiques, augmentant ainsi le risque d'infections (Tableau 1). Bien que le traitement des eaux usées réduise considérablement ces dangers, son absence dans de nombreux pays en développement exige la mise en place de mesures préventives adaptées aux contextes agricoles et environnementaux(OMS,2012).

**Tableau 2.**Exemples de dangers et de voies d'exposition associés à l'utilisation des eaux des extcreta et des eaux ménagères en agriculture et en aquaculture(**Annexe 1** ).

# **Chapitre 2**

## **Facteurs sur la qualité de l'eau**

## II.Paramètre bactériologique et physico-chimique de l'eau

### II.1.Paramètres bactériologique de l'eau

L'objectif de l'analyse bactériologique de l'eau n'est pas de recenser toutes les espèces microbiennes présentes, mais de rechercher celles qui sont potentiellement dangereuses (pathogènes), notamment celles qui vivent dans l'intestin des mammifères et qui indiquent une contamination fécale, source de maladies. L'absence de contamination fécale ne garantit pas l'absence d'autres bactéries dangereuses. Aussi la recherche des bactéries indicatrices de pollution et d'efficacité de traitement (aérobies revivifiables, coliformes, entérocoques, etc.) ainsi que des bactéries pathogènes spécifiques (*Salmonella* , *Staphylococcus* , *Clostridium* )(Rodier, 2009).

#### II.1. 1. Coliformes totaux

Les coliformes totaux ont longtemps servi d'indicateurs pour évaluer la qualité de l'eau et détecter une possible contamination fécale. Cependant, leur manque de spécificité, car ils incluent des bactéries d'origine environnementale, a limité leur fiabilité pour identifier une contamination fécale réelle. De ce fait, les coliformes fécaux, et en particulier *Escherichia coli*, sont désormais privilégiés comme indicateurs plus précis de la contamination fécale et donc comme critères plus fiables pour juger de la qualité de l'eau. Leur présence signale un risque plus direct de contamination par des agents pathogènes d'origine intestinale(Nwaboor,2016).

#### II.1.2. Coliformes fécaux

Les coliformes fécaux, une sous-catégorie des coliformes totaux caractérisée par leur thermotolérance et leur capacité à fermenter le lactose à des températures élevées (44 ou 44,5°C), constituent des bio-indicateurs importants pour évaluer la contamination fécale dans les sources d'eau. Cette classification comprend principalement le genre *Escherichia* et l'espèce *Escherichia coli* (*E. coli*) est considérée comme l'indicateur le plus spécifique de la contamination d'origine fécale. Ceci est dû à la présence d'*E. Coli* en quantités importantes et constantes dans les excréments humains et des animaux à sang chaud, et à sa rareté dans les environnements aquatiques et les sols non pollués par des matières fécales. Par conséquent, la détection d'*E. Coli*, ou même la présomption de sa présence dans les échantillons d'eau, est considérée comme un critère suffisant pour déduire la nature fécale de la contamination (OMS,1986).

### **II.1.3. Streptocoques fécaux**

Les streptocoques fécaux sont utilisés comme indicateurs de contamination fécale en raison de leur capacité à survivre plus longtemps dans les environnements aquatiques. Cette propriété les rend utiles pour évaluer la qualité de l'eau et détecter une contamination plus ancienne(**WHO,2017**).

### **II.1.4. Spores anaérobies sulfito-réducteurs**

Micro-organismes anaérobies formant des spores et *sulfito-réducteurs*, appartenant à la famille des *Bacillacées* et au genre *Clostridium* (**J.O.R.A, 2013**).

### **II.1.5. Salmonelles**

Les Salmonelles sont essentiellement des parasites intestinaux de l'homme et des animaux Vertébrés. Représentent tous les caractères de la famille des *Enterobactériaceae* : bacilles Gram négatifs, aéro-anaérobies facultatifs, mobiles, a sporulées, catalase (+), oxydase (-), réduisant les nitrates en nitrites, fermentant le glucose avec production de gaz (à l'exception de *S. typhi*) mais ne fermentent pas le lactose. Elles ne produisent pas d'uréase, de désaminases, de gélatinase ni d'indole. En revanche la plupart des souches produisent de l'hydrogène sulfuré et une lysine décarboxylase(**Leminor et veron,1989**).

### **II.1.6. Micro-organismes revivifiables**

Toute bactérie, aérobies, levure ou moisissure, capable de former des colonies dans le milieu spécifié (**J.O.R.A, 2013**).

### **II.1.7. *Staphylococcus aureus***

*Staphylococcus aureus* est l'espèce la plus pathogène au sein du genre *staphylococcus* intéressé un très grand nombre du site infectieux et peut être isolée au laboratoire dans tous types de prélèvement. L'espèce *S. aureus* qui produit une coagulase (enzymes capable de coaguler, le plasma de lapin oxalate) est très souvent responsable d'infections pyogènes graves. Isolée des prélèvements ou sa présence est physiologique, c'est aussi une espèce saprophyte ou commensale (**Benkhalil et Bettebghorl,2019**).

## **II.2. Paramètre physico-chimique de l'eau**

### **II.2.1. Température**

La température de l'eau influence de manière significative les propriétés chimiques et physiques, ainsi que les réactions biologiques(**Flavien et al.,2023**).

## II.2.2. pH

Le pH indique le degré d'acidité ou d'alcalinité d'un milieu. Il peut varier naturellement selon l'origine de l'eau, la nature géologique du substrat traversé, ainsi que les caractéristiques du bassin versant(**Maoudo et al.,2020**).

## II.2.3. Conductivité

La conductivité électrique correspond à l'aptitude de l'eau à permettre le passage du courant électrique(**Flavien et al.,2023**).

## II.2.4. Salinité

La salinité est la quantité de sels dissous (minéralisation) dans l'eau. Elle est calculée à partir de la mesure de la conductivité de l'eau - soit la capacité de l'eau à conduire un courant électrique - en tenant compte notamment de la température et de la pression(**Jean-luc,2021**).

## II.2.5.Nitrates

Sont des composés inorganiques ( $\text{NO}_3^-$ ). Ils proviennent naturellement de la nitrification de l'ion ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) par des bactéries (*Nitrosomonas* puis *Nitrobacter*). Très solubles dans l'eau, les nitrates peuvent facilement atteindre les nappes phréatiques. Leur origine principale est la décomposition de matières organiques azotées (protéines, excréments) par des micro-organismes, dans le cadre du cycle naturel de l'azote(**Hellal,2019**).

## II.2.6.Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )

Sont des sels de l'acide nitreux. Ils se distinguent des nitrates par leur capacité de liaison avec les métaux. Les nitrites alcalins (comme ceux de sodium, potassium ou calcium) sont hygroscopiques et solubles dans l'eau.

Les nitrites proviennent soit de l'oxydation incomplète de l'ammoniac, soit de la réduction des nitrates. Ils sont peu présents dans les eaux bien oxygénées car ils sont rapidement transformés en nitrates. Une concentration supérieure à 1 mg/L indique une contamination anormale(**Hellal,2019**).

## II.2.7.Sulfates

Sont des anions très solubles que l'on retrouve dans l'eau sous forme de soufre dissous. Leur présence résulte principalement de sources géochimiques (comme le gypse et la pyrite) et atmosphériques (notamment les eaux de pluie). Ils peuvent également être issus d'activités

humaines, telles que l'utilisation d'engrais sulfatés ou la combustion du charbon et du pétrole . Les eaux riches en sulfates peuvent présenter un goût désagréable, favoriser la corrosion des équipements de distribution en particulier ceux en cuivre et entraîner la libération de métaux lourds, comme le plomb (Pb), dans le réseau(**Maoudo et al.,2020**).

#### **II.2.8.Résidu sec**

La détermination du résidu total dans une eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes ainsi qu'en matières en suspension non volatiles. En revanche, la mesure du résidu sec après filtration correspond uniquement à la concentration en matières dissoutes(**Boudoukha,2017**).

#### **II.2.9.Titre alcalimétrique complète TAC**

L'alcalinité de l'eau correspond à sa capacité à neutraliser les ions hydrogène ( $H^+$ ), grâce à la présence d'ions hydrogénocarbonate ( $HCO_3^-$ ), carbonate ( $CO_3^{2-}$ ) et hydroxyde ( $OH^-$ )(**Bouchemal,2017**).

#### **II.2.10.Calcium**

Il s'agit d'un métal alcalino-terreux, jouant un rôle majeur dans la dureté de l'eau. Sa concentration dépend principalement de la nature des sols et des roches traversés. Le calcium, en particulier, est présent en quantité notable dans les eaux ayant circulé à travers des formations calcaires(**Ayad et Kahoul,2016**).

#### **II.2.11.Magnésium**

Le magnésium est un élément très courant dans la nature, présent dans de nombreux minéraux et notamment dans les roches calcaires, représentant environ 2,1 % de l'écorce terrestre. En raison de son abondance géologique, de sa forte solubilité et de ses nombreuses applications industrielles (alliages, pyrotechnie, piles sèches, agent réducteur, engrains, céramiques, explosifs, médicaments, etc.), il peut se retrouver en quantités significatives dans l'eau. Les eaux naturelles contiennent généralement entre 5 et 10 mg/l de magnésium, une concentration étroitement liée à la nature des formations géologiques qu'elles traversent(**Boudoukha,2017**).

# **Deuxième partie**

# **Partie expérimentale**

# **Chapitre 3**

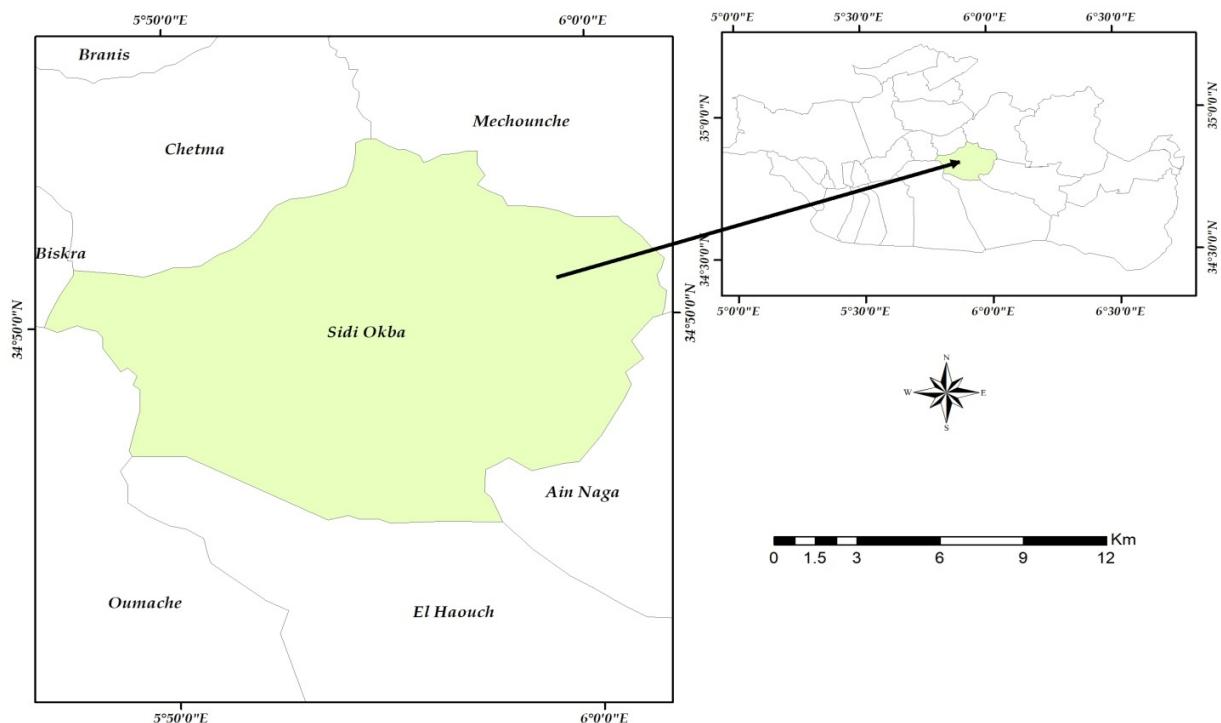
# **Matériel et méthodes**

### III.1.Zone d'étude

#### III.1.1.Situation géographique de la wilaya de Biskra

La région de Biskra est située au Centre-Est de l'Algérie, précisément au Sud des Aurès. Elle s'étend jusqu'à la zone du chott Melghir au Sud-Est et jusqu'à l'erg oriental au Sud-Ouest avec (latitude  $34^{\circ} 52' N$ , longitude  $5^{\circ} 38' E$ ) et son altitude Est de 125 mètres au-dessus de niveau de la mer. La région des Zibans s'étend sur les piémonts de l'Atlas saharien qui se partage en trois massifs montagneux : du Zab, des Aurès et des Némemchas, juste à la flexure de contact entre le bouclier saharien rigide et tabulaire et les plissements très marqués de l'Atlas.

La wilaya de Biskra se situe au Nord-Est du Sahara septentrional, elle s'étend sur une superficie de 21 509,80 km<sup>2</sup> avec. Son altitude est de 125 mètres/au niveau de la mer. Elle est limitée au Nord par la wilaya de Batna , au Nord Est par la wilaya de Khénchela, au Nord-Ouest par la wilaya de M'sila, ou Sud-Ouest par la wilaya d'Ouled Djellal, au Sud par la wilaya d'ElOued et Mghair (**wilaya de Biskra,2025**)



**Figure 2.**Situation géographique de la zone de Sidi Okba (Google earth)

Le territoire oasien de Sidi Okba, situé à 18 km à l'est de la ville de Biskra, a subi par le passé un processus de verrouillage de l'eau par l'État, avec la construction du barrage de Foum El Gherza en 1950 sur l'oued El Abiod. Cet oued alimentait autrefois quatre palmeraies, dont celle de Sidi Okba (**Hammoche et al.,2017**).

Sidi Okba est l'un des quartiers historiques de la wilaya de Biskra. Elle se situe entre 2 zones géographiques, à savoir l'Atlas du désert dans la steppe désertique, ce qui lui a conféré un emplacement stratégique important. Sa superficie totale est de 255,56 km<sup>2</sup>(**Labdi,2016**).

### III.1.2.Contexte climatologique

Parmi les différents facteurs influençant les ressources en eau, le climat demeure le plus déterminant. L'analyse des caractéristiques climatologiques revêt une importance essentielle pour comprendre le comportement des cours d'eau, les fluctuations des réserves en eau, ainsi que les mécanismes d'alimentation et de circulation des eaux naturelles. Elle constitue une base incontournable pour appréhender le fonctionnement et les interactions d'un système hydrologique de surface dans une région donnée. Les éléments climatiques tels que les précipitations, la température, le vent, l'humidité, l'évapotranspiration, l'ensoleillement, ainsi que d'autres phénomènes atmosphériques, définissent le climat local. Par conséquent, la gestion et la maîtrise des ressources en eau dans les bassins versants sont étroitement liées à ces paramètres climatiques, qui conditionnent en grande partie les régimes d'écoulement(**Bouchemal,2017**).

## III.2.Prélèvement des échantillons

### III.2.1 Lieu et période de prélèvement

Les prélèvements des eaux d'analyses ont été effectués dans le mois Avril 2025 dans la région de Sidi-Okba (Tableau 2)

**Tableau 2.** Lieux d'échantillonnage

Les échantillons	Lieu du prélèvement
<b>Echantillon 1</b>	<b>Jnan.Yahiaui Mohamed</b>
<b>Echantillon 2</b>	<b>Ain elkobania</b>
<b>Echantillon 3</b>	<b>Jnan.tolba</b>

<b>Echantillon 4</b>	<b>Jnan.elokbi( route ain naga)</b>
<b>Echantillon 5</b>	<b>Route saada</b>
<b>Echantillon 6</b>	<b>Jnan Sidi senane</b>

### III.2.2.mode de prélèvement

- prendre le flacon stérile approprié au type d'analyse choisi.
- Rincer 2 fois le flacon avec l'eau d'analyse (en enlevant les bulles d'air) .Le remplir et le fermer hermétiquement (Figure 3).
- Etiqueter chaque flacon en mentionnant : la désignation de l'échantillon, la date de prélèvement.
- Conservation des échantillons dans une glacière .



**Figure 3.**flacon des échantillons (photo originale)

### III. 3.Méthode d'analyse

#### III. 3.1. Méthode d'analyse des paramètres bactériologique (J.O.R.A ,2013)

Les échantillons d'eau ont été examinés sur le plan microbiologique pour évaluer la présence de coliformes totaux, de coliformes fécaux ,de streptocoques fécaux, *Staphylococcus aureus* ,*Clostridium* et *Salmonella* . Cette analyse a été réalisée au laboratoire du département des de la nature et de la vie de l'université Mohamed khider Biskra.

### ❖ Colimétrie

**Selon Baissa et al.,(2007)** la colimétrie consiste lors du contrôle bactériologique de l'eau, a détecter et a dénombrer les indicateurs de contamination fécale dont la présence est révélatrice de la présence probable de micro-organismes pathogènes.

La recherche de ces germes tests de contamination fécale intéresse surtout :

-Coliformes totaux

-Coliformes fécaux

*-Escherichia coli*

Pour mettre en évidence la présence de ces bactéries, on utilise les techniques commotionnelles pratiquée qui sont :

- Les numérations bactériennes par détermination du nombre le plus probable (N.P.P) au moyen des cultures en milieu liquide.
- Les déterminations par culture en milieu solide par filtration sur membrane.

Dans notre cas d'étude on utilise la méthode par détermination du nombre le plus probable (N.P.P) au moyen des cultures en milieu liquide.

Cette méthode est une estimation statistique du nombre de micro-organismes supposés distribués dans l'eau de manière parfaitement aléatoire (loi de Poisson). Dans ce type de méthode, les bactéries se multiplient librement dans le milieu liquide. En cas de présence, l'ensemble du milieu liquide inoculé vire à la « positivité » (trouble ou virage de l'indicateur). Un jugement quantitatif est possible en jouant sur les volumes de la prise d'essai. Erreur ! Source du renvoi introuvable.

#### **III. 3.1.1.Recherche et dénombrement des coliformes**

Les coliformes sont présentent sous forme de bacilles Gram négatifs (BGN), non sporogènes, oxydase négative, aéro-anaérobies facultatifs, capables de croître en présence de sels biliaires et capables de fermenter le lactose avec production d'acides et de gaz, en 24 à 48 heures à 37 °C.

Les coliformes sont considérés comme indices de contamination fécale.

### ❖ Technique BCPL en milieu liquide :

La technique du milieu liquide nécessite deux tests consécutifs pour savoir :

- Le test de présomption : Réservé à la recherche *des* coliformes totaux.
- Le test de confirmation : encore appelé test Mac Kenzie, et réservé à la recherche des coliformes fécaux à partir des tubes positifs au test de présomption.
- Test de présomption :

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

- 50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham.
- 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de liquide BCPL D/C muni d'une cloche de Durham.
- 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de solution BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.

Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et mélanger bien le milieu et l'inoculum.

- Incubation

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

- Lecture

Sont considérés comme positifs les tubes présentant à la fois :

- ✓ un dégagement gazeux (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche).
- ✓ un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu). Ces deux caractères étant témoins de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites.

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

- Test de confirmation ou test de Mac Kenzie

Le test de confirmation ou test de Mac Kenzie est basé sur la recherche de Coliformes thermotolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence *d'Escherichia coli*.

Les coliformes thermotolérants ont les mêmes propriétés de fermentation que les coliformes mais à 44°C.

*Escherichia coli* est un coliforme thermotolérant qui entre autre :

- ✓ produit de l'indole à partir du tryptophane à 44 ° C.

- ✓ donne un résultat positif à l'essai au rouge de méthyl.
- ✓ ne produit pas de l'acéthyl méthyl carbinol.
- ✓ n'utilise pas le citrate comme source unique de carbone.

Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des Coliformes totaux feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une öse bouclée dans tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham, Chasser le gaz présent éventuellement dans les Cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum.

- Incubation:

L'incubation se fait cette fois-ci au bain Marie à 44 ° C pendant 24 heures.

- Lecture:

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

- ✓ un dégagement gazeux.
- ✓ un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *Escherichia Coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP en tenant compte du fait qu'*Escherichia Coli* est à la fois producteur de gaz et d'indole à 44 ° C.

### **III.3.1.2. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux en milieux liquides**

Les Streptocoques fécaux ou Streptocoques du groupe D de la classification de Lancefield, se présentent sous forme de coccie à Gram +, sphériques à ovoïdes formant des chaînettes, ne possédant pas de catalase mais possédant l'antigène du groupe D.

Ils sont capables de se développer en 24 à 48 heures à 37° C sur un milieu sélectif à l'azoture de sodium en donnant des colonies caractéristiques réduisant le TTC et qui de plus hydrolysent l'esculine en 48 heures à 44° C après repiquage d'une colonie sur une gélose biliée à l'esculine.

- **Méthode de recherche en milieu liquide**

Tout comme la méthode de recherche des coliformes en milieu liquide, celle de la recherche et le dénombrement des Streptocoques fécaux fait appel à deux tests consécutifs à savoir:

- Le test de présomption
- Le test de confirmation : réservé à la confirmation réelle des fécaux à partir des tubes positifs du test de Streptocoques présomption.
- **Test de présomption**

A partir de l'eau à analyser, porter aséptiquement:

- 50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu ROTHE D/C.
- 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE D/C.
- 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE S/C .

Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

- Incubation

L'incubation se fait à 37° C pendant 24 à 48 heures.

- Lecture

Sont considérés comme positifs les tubes présentant un trouble microbien, seulement ces derniers: ne doivent en aucun cas faire l'objet de dénombrement doivent par contre, absolument faire l'objet d'un repiquage sur milieu LITSKY EVA dans le but d'être confirmés.

#### ➤ Test de confirmation

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des Streptocoques fécaux éventuellement présents dans le test de présomption. Les tubes de ROTHE trouvés positifs feront donc l'objet d'un repiquage à l'aide d'une öse bouclée dans tube contenant le milieu LITSKY EVA.

Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

- Incubation:

L'incubation se fait cette fois-ci à 37°C, pendant 24 heures.

- Lecture

Sont considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois: un trouble microbien, et une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes. La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP.

#### III.3.1.3.La Recherche et dénombrement des germes revivifiables

La recherche et le dénombrement *des germes revivifiables* se réalise à deux températures différentes afin de cibler à la fois les micro-organismes à tendance psychrophiles soit à 20°et ceux franchement mésophiles soit 37° C.

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement 2 fois 1ml dans deux boites de Pétri vides préparées à cet usage et numérotées. Compléter ensuite chacune des boites avec environ 20 ml de gélose TGEA fondu puis refroidie à 45 plus/minus 1° C.

Faire ensuite des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose.

Laisser solidifier sur paillasse, puis rajouter une deuxième couche d'environ 5 ml de la même gélose ou de gélose blanche. Cette double couche a un rôle protecteur contre les contaminations diverses.

▪ Incubation:

- La première boite sera incubée, couvercle en bas à 20° C.
- La seconde sera incubée couvercle en bas à 37°C, pendant 72 heures avec:
  - première lecture à 24 heures,
  - deuxième lecture à 48 heures, et
  - troisième lecture à 72 heures.

▪ Lecture

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

Dénombrement:

Il s'agit de dénombrer toutes les colonies, en tenant compte deux remarques suivantes:

- ✓ Ne dénombrer que les boites contenant entre 15 et 300 colonies,
- ✓ Le résultat sera exprimé par millilitre d'eau à analyser à 22 et à 37 °C.

### III.3.1.4. Recherche et dénombrement des Spores d'Anaérobies Sulfito-Réducteurs

Les anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) se présentent sous forme de bactéries Gram +, se développant en 24 à 48 heures sur une gélose Viande Foie en donnant des colonies typiques réduisant le sulfite de sodium ( $Na_2SO_3$ ) qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de  $Fe^{+2}$  donnant FeS (sulfure de fer) de couleur noire.

Les spores des ASR constituent généralement des indices de contamination ancienne.

A partir de l'eau à analyser:

- prendre environ 25 ml dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de 80°C pendant 8 à 10 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des ASR éventuellement présentes.
- Après chauffage, refroidir immédiatement le tube en question, sous l'eau de robinet.
- Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5 ml par tube.
- Ajouter environ 18 à 20 ml de gélose Viande Foie, fondue puis refroidie à 45 plus/minus 1°C additionnée d'une ampoule d'Alun de fer et d'une ampoule de Sulfite de sodium.

- Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant les bulles d'air et en évitant l'introduction d'oxygène.
- Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes environ, puis incuber à 37° C pendant 24 à 48 heures.
  - la deuxième lecture se fera à 24 heures et la troisième et dernière à 48 heures.
  - La première lecture doit absolument être faite à 16 heures
  - Dénombrer toute colonie noire de 0,5 mm de diamètre, poussant en masse.
  - Interprétation des résultats

Il est donc impératif de repérer et de dénombrer toutes les colonies noires poussant en masse et de rapporter le total des colonies à 20 ml d'eau à analyser.

- Identification biochimique

Certains auteurs préconisent l'identification biochimique de toute colonie suspecte car très souvent il y a développement de colonies de *Staphylocoques* et de *Bacillus* à côté

Pour cela il s'agit de casser le tube à l'aide d'une lime métallique à 1 cm au dessus de la colonie suspecte et de prendre exactement le centre de la dite colonie. Le centre de la colonie noire suspecte (qui est en réalité blanche mais entourée d'une auréole noire) sera alors déposé soigneusement dans un tube contenant du bouillon TY préalablement régénéré à 80° C pendant 15 minutes.

Placer ensuite ce tube dans un agitateur (Vortex) pour bien mélanger la colonie dans le milieu puis l'incuber à 37 °C en anaérobiose pendant 24 à 48 heures. Après la période d'incubation, constater le trouble du milieu, puis réaliser les étapes suivantes:

- Etat frais pour constater s'il y a mobilité ou non...
- Coloration de Gram pour constater les types de colonies et leur coloration.
- S'il s'agit de bacilles Gram positifs, faire un isolement sur deux boites de gélose au sang de mouton frais:

- l'une sera incubée à 37°C en aérobiose.
- l'autre sera incubée à 37 °C en anaérobiose.

Après 24 à 48 heures d'incubation:

- sélectionner les boites ayant poussé strictement en anaérobiose.
- noter le type d'hémolyse.

- faire une coloration de Gram puis une réaction catalase.

### **III.3.1.5. Recherche de Salmonelles**

Les salmonelles sont des entérobactéries qui se présentent sous forme de Bacilles Gram Négatifs (BGN), ne fermentant pas le lactose, mais fermentant le glucose avec production de gaz et de H<sub>2</sub>S; elles se divisent en deux grands groupes les mineures et les majeures (hautement pathogènes).

- Jour 1. Premier Enrichissement

Le premier enrichissement s'effectue sur le milieu de Sélénite - Cysteiné D / C réparti à raison de 100 ml par flacon.

Ce dernier sera donc ensemencé à l'aide de 100 ml d'eau à analyser, puis incubé à 37°C pendant 18 à 24 heures, comme l'indique

- Jour 2. Deuxième enrichissement et Isolement

Ce flacon fera l'objet:

D'une part, d'un deuxième enrichissement sur milieu Sélénite en tubes à raison de 0,1 ml.

D'autre part, d'un isolement sur gélose Hektoen. L'incubation se fait donc à 37° C pendant 24 h.

- Jour 3. Lecture des boîtes et Identification.

D'une part, le tube de Sélénite fera l'objet d'un isolement,

D'autre part, la boîte de gélose Hektoen subira une lecture en tenant compte du fait que les *Salmonella* se présentent le plus souvent sous forme de colonies de couleur gris bleu à centre noir.

- Identification morphologique et biochimique :

Cinq colonies caractéristiques et distinctes feront l'objet d'une identification morphologique et biochimique qui se déroule comme suit :

- Etat frais (bacilles, mobilité).
- Coloration de Gram (bacilles Gram négatifs).

### **III.3.1.6. Recherche de *Staphylococcus aureus***

*Staphylococcus aureus* se présente sous forme de cocci, en grappe de raisin, Gram +, possédant une catalase et une coagulase. Selon la disponibilité des milieux de culture, trois techniques différentes sont recommandées pour la recherche de *Staphylococcus aureus* à savoir:

- Méthode d'enrichissement sur milieu de Chapman.

Le milieu de Chapman est caractérisé par sa forte concentration en chlorure de sodium ce qui permet un isolement sélectif des staphylocoques. La fermentation du mannitol est indiquée par le virage au jaune de l'indicateur coloré. (Le rouge de phénol).autour des colonies.

- Isolement :

A partir de la solution mère et à l'aide d'une anse de platine stérile,ensemencer une boite de milieu Chapman. Incuber à 37°C pendant 24 h.

- Identification:

Le milieu Chapman permet seulement une orientation pour l'identification de l'espèce (*Staphylococcus aureus*). les testes de confirmation sont obligatoire.

- Testes de confirmation:

- Etat frais et coloration de Gram.
- Test de catalase.

### III. 3.2.Les méthodes d'analyse des paramètres physico-chimique

**Tableau 3.** Référence des méthode d'analyse des paramètres physico-chimique

Paramètre physico-chimique	Références
Nitrite $\text{NO}_2^-$	ISO 5667: 2004
Nitrate $\text{NO}_3^-$	Afnor T90-012
Ammonium $\text{NH}_4^+$	ISO 7150/1
Sulfates $\text{SO}_4^{2-}$	ISO 5667 : 2004
Calcium $\text{Ca}^{2+}$	ISO 6058 -1984
Magnésium $\text{Mg}^{+2}$	ISO 6059
Chlorure $\text{Cl}^-$	ISO 9297 – NA 6917
TAC	NF T90-036
Résidu sec	NA 6945

### III. 3.2.1. pH

#### ▪ Principe

La mesure du pH se fait selon la méthode électrométrique, par un pH-mètre qui fonctionne grâce à une source d'énergie (pile, secteur...). L'appareil est étalonné directement en unité de pH. Il comporte aussi un régulateur ou compensateur de température pour les mesures effectuées en dehors de 20°C(**Rodier,2009**).

#### ▪ Mode opératoire

- Appuyer sur le bouton ON/OFF pour mettre l'appareil sous tension.
- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée et l'essuyer avec un mouchoir jetable propre.
- Plonger l'électrode dans l'échantillon contenu dans un bêcher dans lequel le barreau d'un agitateur magnétique homogénéise l'échantillon.
- Après stabilisation de l'affichage sur le cadran du pH mètre, nous avons noté le pH à la température de 20°C.
- Rincer à nouveau l'électrode avec de l'eau distillée et l'essuyer avec un mouchoir jetable propre pour réaliser la mesure.

### III. 3.2.2. Détermination de la conductivité

Appareil portatif, performant et économique, utilisé en laboratoire ou sur le terrain. Il fonctionne sur pile ou secteur et permet des mesures multi-paramètres : conductivité, TDS (mg/l), salinité (%) et température (°C).

#### ▪ Mode opératoire

- D'une façon générale, opérer de la verrerie rigoureusement propre et rincée, avant usage, avec de l'eau distillée.
- Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner, faire la mesure dans un deuxième récipient en prenant soin que les électrodes de platine soient complètement immergées.
- Agiter le liquide (barreau magnétique) afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide ambiant. Cette agitation permet aussi d'éliminer les bulles d'air sur les électrodes.

#### ▪ Expression des résultats

Le résultat est donné directement la conductivité en  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et la salinité en % et la TDS en mg/l et température en °C.

❖ Méthode spectrophotométrique:

La spectrophotométrie est une méthode analytique quantitative qui consiste à mesurer l'absorbance ou la densité optique d'une substance chimique donnée en solution. Plus cette espèce est concentrée, plus elle absorbe la lumière dans les limites de proportionnalités énoncées par la loi de Beer-Lambert. La densité optique des solutions est déterminée par une spectrophotométrie préalablement étalonné sur la longueur d'onde d'absorption de l'espèce chimique à étudier.

### III. 3.2.3.Nitrite $\text{NO}_2^-$

- Objet

L'objet de cette présente méthode décrit le dosage des nitrites dans les eaux par spectrométrie d'absorption moléculaire.

- Domaine d'application

Cette méthode est applicable dans toutes les eaux. Les teneurs en ammonium peuvent être déterminées sans dilution pour des échantillons dont les concentrations se situent entre 0,02 et 0,8mg/l d'azote nitreux ( $\text{NO}_2^-$ ).

- Principe

Réaction des ions nitrites présents dans une prise d'essai, à pH 1,9 avec le réactif amino-4benzène sulfonamide en présence d'aide orthophosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le dichlor-hydrate de N-(naphtyl-1)diamino-1,2 éthane (ajouter avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide) mesurage de l'absorbance à 540 nm.

La minéralisation de la matière organique présente dans le sol est réalisée par des micro-organismes. L'azote minéral ainsi produit est ensuite transformé par des bactéries aérobies en nitrates. Cette transformation, appelée nitrification, comporte deux étapes:

la nitrification qui produit des nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) et la nitrification qui transforme les nitrites en nitrates. Si les conditions de milieu le permettent, les nitrates seront utilisés par des bactéries anaérobies comme source d'énergie et transformés en azote gazeux. Notons que les nitrates peuvent également s'adsorber et se fixer sur les argiles et humus. Les nitrites sont les sels de l'acide nitreux.

L'acide nitreux est un acide instable de formule  $\text{HNO}_2$ , la formule de l'ion nitrite est  $\text{NO}_2^-$ .

- Echantillonnage

Prélever les échantillons pour laboratoire dans des flacons en verre, conserver entre 2 et 5 °C et analyser dans les 24 h.

- Méthode de travail
  - Réactifs et matériel
- Réactifs

a) Réactif mixte

- Dissoudre 40 g d'amino-4 benzène sulfonamide ( $\text{NH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_2\text{NH}_2$ ) dans un mélange formé de 100ml d'acide orthophosphorique et de 500ml d'eau.
- Ajouter 2 gr de dichlorhydrate de N-(naphtyl-1) diamino-1,2 éthane ( $\text{C}_{10}\text{H}_7\text{NH-CH}_2\text{-CH}_2\text{-NH}_2\text{-2HCl}$ ), compléter le volume à 1000 ml avec de l'eau distillée.

Cette solution est stable pendant un mois si elle est conservée entre 2 et 5°C.

b) Solution étalon mère de nitrites 100 mg/l

Dissoudre 0,15 g de nitrite de sodium (séché à 105°C durant au moins 2h) dans 1000 ml d'eau distillée.

Cette solution est stable pendant un mois si elle est conservée entre 2 et 5°C.

c) Solution étalon fille de nitrites 1 mg/l

Prélever à l'aide d'une pipette 1ml de la solution étalon de nitrites de concentration 100 mg/l, la transvaser dans une fiole de 100ml et compléter au volume avec de l'eau distillée.

Cette solution est préparée le jour de l'emploi.

- Matériel
- ✓ Matériel courant de laboratoire : verrerie (fioles et pipettes...).
- ✓ Spectrophotomètre UV -Visible permettant des mesurages à une longueur d'onde de 540 nm, équipé de cuves de 10 mm d'épaisseurs.
- Traitement des échantillons

Pas d'application

- Partie expérimentale
- Nettoyage de la verrerie

La verrerie doit être lavée avec une solution d'acide chlorhydrique à environ 2mol/l et rincée abondamment à l'eau avant l'emploi.

- Calibration

Dans une série de fioles jaugées de 50 ml, introduire à l'aide d'une pipette, les volumes de la solution étalon fille de nitrites 1 mg/l, indiqués dans le tableau ci-dessous, ajouter de l'eau distillée au contenu de chaque fiole, ajouter ensuite 1 ml du réactif mixte et attendre au moins 20 mn. L'apparition de la coloration rose indique la présence des  $\text{NO}_2^-$ . Enfin, mesurer l'absorbance de chaque étalon à la longueur d'onde (environ 540 nm).

**Tableau 4.**Tableau Courbe d'étalonnage de nitrite

\$ fille 1 mg/l	0	1	2	5	20	40
Eau distillée(ml)	50	49	48	45	30	10
Réactif Mixte(ml)	1	1	1	1	1	1
Attendre 20 mn						
[ $\text{NO}_2^-$ ] en mg/l	0	0.02	0.04	0.1	0.4	0.8

- Dosage

Introduire 50 ml d'échantillon, ajouter 1 ml du réactif mixte (a) et attendre au moins 20 mn. L'apparition de la coloration rose indique la présence des  $\text{NO}_2^-$ .

Enfin, mesurer l'absorbance de chaque étalon à la longueur d'onde (environ 540nm). Effectuer parallèlement au dosage, un essai à blanc en suivant le même mode opératoire en utilisant les mêmes quantités des réactifs mais en employant le même volume approprié d'eau distillée à la place de la prise d'essai.

- Mesures et calcul du résultat

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre en mg/l des nitrites.

- Enregistrement du résultat

Les résultats sont retranscrits sur la feuille des résultats puis dans une trame informatique.

- Contrôle de qualité

Contrôle de la concentration d'une solution comme contrôle de qualité.

Si la valeur observée sort des limites définies sur la carte de contrôle correspondante, une action corrective est prise.

- Mesures de sécurité

- Sécurité et hygiène

-Le réactif mixte est dangereux. Tout contact avec la peau ou toute ingestion du réactif doit-être évité.

-Acide phosphorique : corrosif

-N-1- Naphtyle éthylène diamine : irritant.

- Remarques

-Les échantillons doivent-être analysés aussi vite que possible dans les 24 heures qui suivent leur prélèvement..

-La concentration de nitrates et de nitrites dans l'eau peuvent être exprimées sous forme de nitrates ou nitrites ou forme d'azote .un milligramme de nitrates par litre (mg/l de  $\text{NO}_3^-$ ) équivaut à 0.226 mg de nitrates, sous forme d'azote par litre (mg – N/l), et nitrites un mg/l équivaut à 0.304 mg-N/l

#### **III. 3.2.4. Nitrate $\text{NO}_3^-$**

- Objet

Cette méthode d'essai a pour objet le dosage spectrométrique des nitrates par la méthode au salicylate de sodium.

- Domaine d'application

Cette méthode est applicable pour le dosage des nitrates dans les eaux de distribution souterraines et de surface.

- principe

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitro-salicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

- Echantillonnage

Les échantillons sont prélevés dans des bouteilles en verre et doivent-être analysés dès que possible après leur prélèvement. Ils sont conservés entre 1 et 5 °C .

- Méthode de travail

- Réactifs et matériel

- Réactifs

a) Solution de Salicylate de Sodium à 0.5%

Dissoudre 0.5 g de salicylate de sodium dans de l'eau et compléter à 100 ml avec de l'eau distillée. Conserver dans une bouteille en verre ou en polyéthylène. Préparer cette solution chaque jour au moment de l'emploi.

b) Solution d'hydroxyde de Sodium à 30%.

Dissoudre 30 g d'hydroxyde de sodium dans de l'eau et compléter à 100ml avec de l'eau distillée.

c) Solution de tartrate double de sodium et de potassium

Dissoudre 400 g d'hydroxyde de sodium dans une fiole de 1000 ml, ajouter 60 g de tartrate double de sodium et potassium, laisser refroidir et compléter avec de l'eau distillée. Conserver dans un flacon en polyéthylène.

d) Acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ) concentré.

e) Solution mère de nitrate à 1000 mg/l

Dissoudre 1.37 g de nitrate de sodium dans de l'eau et compléter à 1000 ml avec de l'eau distillée.

f) Solution fille étalon de nitrate 10 mg/l

Diluer 10 ml de la solution mère à 1000 mg/l et compléter à 1000 ml avec de l'eau distillée.

- Matériel

-Balance analytique de laboratoire précision 0.1  $\mu$ g

-Capsules de 100 ml

-Pipettes 10ml, 5ml, 2ml, 1ml

-Poires à pipeter

-Etuve pour séchage

-Spectrophotomètre UV-Visible.

- Traitement des échantillons

Pas d'application.

- Partie expérimentale

Etablissement de la courbe d'étalonnage dans une série de capsules de 100 ml introduire successivement :

**Tableau 5.** Tableau courbe d'étalonnage de nitrate

N° des capsules	T	1	2	3	4	5	6
Solution fille de $NO_3$ -à 10mg/l(ml)	0.1	2	3	4	6	8	10
Eau distillée(ml)	10	9	8	6	4	2	0
Correspondance en mg/l	0	1	2	4	6	8	10

denitrates							
Na OH 0 30% goutte	3	3	3	3	3	3	3
Solution deSalicylate deNa (ml)	1	1	1	1	1	1	1
Evaporation à sec à 80°C							
<b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>concentré (ml)</b>	2	2	2	2	2	2	2
Laisser reposer 10 min							
<b>Tartrate double de Na et K (ml)</b>	15	15	15	15	15	15	15

Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 415nm, construire la courbe d'étalonnage.

- Dosage

- ✓ Introduire 10ml d'eau à analyser.
- ✓ Ajouter 3 gouttes de la solution d'hydroxyde de Sodium à 30% (b).
- ✓ Ajouter 1 ml de solution de Salicylate de sodium à 0.5 % (a).
- ✓ Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75 - 88°C.
- ✓ Prendre le résidu avec 2 ml d'acide sulfurique concentré (d).
- ✓ Laisser reposer 10 minutes.
- ✓ Ajouter 15 ml d'eau distillée.
- ✓ Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de <sup>^</sup>potassium (c).
- ✓ Faire la lecture au spectromètre UV-Visible à la longueur d'onde de 415 nm.

- Mesures et calcul du résultat

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre UV-Visible en mg/l des nitrates.

- Enregistrement du résultat

Les résultats sont retranscrits sur la feuille des résultats puis dans une trame informatique.

- Contrôle de qualité

Contrôle de la concentration d'une solution comme contrôle de qualité. Si la valeur observée sort des limites définies sur la carte de contrôle correspondante, une action corrective est prise.

- Mesure de sécurité

- Sécurité et hygiène
  - Travailler sous hotte.
  - Port de gant.
  - Lunettes de protection.
- Protection de l'environnement

Pas d'application.

- Remarques

Au cas où les concentrations en nitrates s'avèrent excessives durant la lecture des résultats, procéder à la dilution nécessaire

### **III. 3.2.5.Ammonium NH<sub>4</sub><sup>+</sup>**

- Objet

Ce protocole spécifie une méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire pour le dosage d'ammonium dans les eaux potables, eaux brutes, et eaux résiduaires.

- Domaine d'application

Cette méthode est applicable à toutes les eaux sauf les eaux de mer. Les teneurs en ammonium peuvent être déterminées sans dilution pour des échantillons dont les concentrations se situent entre 0,02 et 1 mg/l d'ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>).

- Principe

Mesurage spectrométrique du compose bleu formé par réaction de L'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium.

Les ions hypochlorite sont générés *in situ* par hydrolyse alcaline du sel de sodium du dichloroisocyanurate de sodium.

- Echantillonnage

Prélever les échantillons dans des flacons en verre ou en polyéthylène, conserver entre 1 et 5°C et analyser dans les 24 h.

- Méthode de travail
- Réactifs et matériels
- Réactifs
  - a) Réactif coloré

-Dissoudre 130 g de salicylate de sodium et 130 g de citrate trisodiquedi hydrate dans l'eau contenue dans une fiole de 1000ml, ajouter 0,97g de nitroprussiate de sodium et compléter à 1000ml avec de l'eau distillée.

Cette solution est conservée dans un flacon en verre brun et est stable au moins deux semaines.

b) Solution de Dichloroisocyanurate de sodium

-Dissoudre 32 g d'hydroxyde de sodium dans 500ml d'eau et laisser refroidir à température ambiante, ajouter 2 g de Dichloroisocyanuratedi-hydraté, compléter à 1000 ml avec de l'eau distillée.

Cette solution est conservée dans un flacon en verre brun et est stable au moins deux semaines.

c) Solution mère étalon d'ammonium 100 mg/l

-Dissoudre 0,297g de chlorure d'ammonium (séché à 105°C pendant au moins 2h) dans 1000 ml d'eau distillée.

Cette solution est conservée dans un flacon en verre et est stable au moins un mois.

d) Solution fille étalon d'ammonium 1 mg/l

-Prélever à l'aide une pipette 1ml de la solution étalon d'ammonium de 100mg/l.

- Verser dans une fiole de 100 ml et compléter au volume avec de l'eau distillée.

-Préparer cette solution le jour de l'emploi. La durée de conservation ne dépasse pas 24h.

e) Solution de lavage

-Dissoudre 100 g d'hydroxyde de potassium dans 100 ml d'eau distillée.

-Refroidir la solution et ajouter 900 ml d'éthanol 95%.

-Conserver dans un récipient en polyéthylène.

➤ Matériels

- Matériel courant de laboratoire : verrerie (fioles et pipettes).
- Spectrophotomètre UV/VIS.
  - Traitement des échantillons

Pas d'application

- Partie expérimentale
- Nettoyage de la verrerie

Toute la verrerie doit-être soigneusement lavée par emploi de solution de lavage (e) puis rincée abondamment avec de l'eau distillée.

- Calibration

Dans une série de fioles jaugées de 50 ml, introduire à l'aide d'une pipette ,les volumes de la solution étalon fille d'ammonium 1 mg/l, indiqués dans le tableau ci-dessous, ajouter de l'eau distillée au contenu de chaque fiole ,prélever 40 de chacune des solutions, ajouter ensuite 4 ml du réactif coloré et 4 ml du de dichloroisocyanurate de sodium et homogénéiser. Après au moins60 mn, attendre le développement de la couleur. Effectuer les mesures spectrophotométriques à la longueur d'onde de 655nm.

**Tableau 6.**tableau courbe d'étalonnage d'ammonium

\$ fille 1 mg/l	0	1	2	3	4	5	25	50
Eau distillée(ml)	50	49	48	47	46	45	25	0
Réactif coloré(ml)	4	4	4	4	4	4	4	4
Réactif dedichloroisocyanurate (ml)	4	4	4	4	4	4	4	4
Attendre au moins 60 mn								
[NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ] en mg/l	0	0.02	0.04	0.06	0.08	0.1	0.5	1

- **Essais**

Prélever 40 ml d'échantillon à analyser, ajouter dans l'ordre :

- 4 ml du réactif coloré homogénéisé.
- 4 ml du réactif de Dichloroisocyanurate de sodium, et homogénéiser.

Après au moins 60 mn, attendre le développement de la couleur. Effectuer les mesures spectrophotométriques à la longueur d'onde de 655nm comme nous avons procédé pour la gamme d'étalonnage.

- Mesures et calcul du résultat

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre en mg/l d'ammonium.

- Enregistrement du résultat

Les résultats sont retranscrits sur la feuille des résultats puis dans une trame informatique.

- Contrôle de qualité

Contrôle de la concentration d'une solution comme contrôle de qualité.

Si la valeur observée sort des limites définies sur la carte de contrôle correspondante ,une action corrective est prise.

- Mesures de sécurité

- Sécurité et hygiène

-Salicylate de sodium: toxique.

-Citrate trisodique di-hydrate: toxique.

-Nitroprussiate de sodium: corrosif.

-Hydroxyde de sodium : corrosif et dangereux.

- Dichloroisocyanurate de sodium :

- Protection de l'environnement

Pas d'application.

- Remarques

-Si l'échantillon pour essai est trouble et/ou coloré, il convient de le filtrer en évitant le papier filtre.

-Si la concentration dépasse 1 mg/l, réaliser une dilution de manière à se ramener à une concentration comprise entre 0,02 et 1 mg/l, refaire la mesure au spectrophotomètre et multiplier le résultat obtenu par le facteur de dilution.

-L'étalonnage du spectrophotomètre est réalisé une fois par mois à l'aide de solutions étalons d'ammonium.

- Pour faire fonctionner le spectrophotomètre pour la calibration et la détermination de

la concentration de l'échantillon, se référer au manuel du fabricant.

### III. 3.2.6.Sulfates $\text{SO}_4^{2-}$

- Objet

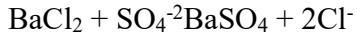
L'objet de la présente est de décrire la détermination des sulfates par spectroscopie.

- Domaine d'application

Cette méthode de dosage s'applique aux eaux de distribution, souterraines et de surface.

- Principe

Les ions sulfates sont précipités et dosés à l'état de sulfate de baryum suivant la réaction :



- Échantillonnage

Effectuer des prélèvements dans des bouteilles en verre ou en polyéthylène et conserver à

4°C à une période n'excédant pas les 7 jours.

- Méthode de travail

➤ **Réactifs et matériel**

- Réactifs

a) Solution stabilisante

Dans une fiole jaugée de 1000 ml, mettre 100 ml d'eau distillée, ajouter successivement 60 ml d'acide chlorhydrique pur (HCl : d= 1.19), 200 ml d'éthanol ( $C_2H_5OH$ ), 150 g de chlorure de sodium (NaCl) et 100 ml de glycérol ; compléter à 1000 ml avec de l'eau distillée.

Cette solution se conserve deux semaines en flacon brun à 4°C.

b) Solution de chlorure de baryum ( $BaCl_2$ ) à 0.01N

Peser 150g de chlorure de baryum ( $BaCl_2$ ), ajouter 5 ml d'acidechlorhydrique ; dans une fiole de 1000ml et compléter jusqu'au trait de jauge. Cette solution se conserve deux semaines en flacon brun à 4°C.

c) Solution mère de sulfates à 1 g/l à partir de sulfate de sodium ( $Na_2SO_4$ )

Peser 1,479 g de sulfate de sodium ( $Na_2SO_4$ ), la mettre dans une fiole jaugée de 1 000 ml et compléter jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée. La solution se conserve pendant 2 mois si elle est mise à l'abri de la lumière dans un flacon brun à 4°C.

- Matériel

- Matériel courant de laboratoire (fioles, pipettes, bêchers ...)

- Spectrophotomètre UV/Visible

- Agitateur magnétique

➤ **Traitements des échantillons**

Pas d'application.

➤ **Partie expérimentale**

- Préparation des échantillons.

Les échantillons troubles ou colorés doivent passer par un filtre de 0.45 m.

- Calibration

**Tableau 7.** Tableau de dosage du sulfate

N° Fiole	0	1	2	3	4	5	6	7

<b>Solution mère à 1 g/l (mL)</b>	0	1	2	3	4	5	6	7
<b>qsp eau distillée(mL)</b>	100	99	98	97	96	95	94	93
<b>Solution stabilisante(mL)</b>	5	5	5	5	5	5	5	5
Agiter énergiquement pendant 1 mn.								
<b>Solution BaCl<sub>2</sub> (mL)</b>	2	2	2	2	2	2	2	2
Agiter énergiquement pendant 1 mn.								
<b>Conc. Finale en SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>en mg/L</b>	0	10	20	30	40	50	60	70

Enregistrer la gamme dans le spectrophotomètre à la longueur d'onde =420 nm

- Dosage

Procéder comme décrit à la calibration en effectuant un essai à blanc en suivant le même mode opératoire en utilisant les mêmes quantités de réactif mais en employant le même volume approprié d'eau distillée à la place de la prise d'essai.

- Mesures et calcul du résultat

Les résultats sont exprimés en SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> mg/L.

- Enregistrement du résultat

Les résultats sont retranscrits sur le cahier de poste puis enregistrés dans la trame informatique.

- Contrôle de qualité

Contrôle de la concentration d'une solution comme contrôle de qualité.

Un contrôle de qualité est utilisé afin de vérifier la dérive de l'équipement ou un dysfonctionnement en cours de série. A cette fin, une solution de contrôle déconcentration connue est analysée au moins une fois par série.

Si la valeur observée sort des limites définies sur la carte de contrôle correspondante ,une action corrective est prise.

- Mesures de sécurité

- Sécurité et hygiène

HCl : corrosif.

C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH : toxique et inflammable.

- Protection de l'environnement

Pas de protection

- Remarques

- Toujours utiliser des cuvettes propres et en très bon état. Les cuvettes sales, rayées ou endommagées conduisent à des mesures inexactes.

- Veiller à agiter avant chaque mesure.

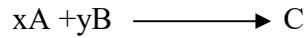
- Ajouter au fur et à mesure la solution de BaCl<sub>2</sub> dans chaque bêcher et non à la fois.

- Après ajout de la solution de BaCl<sub>2</sub> couvrir le bêcher à l'aide d'un couvercle propre

(exp : couvercle de la boîte de pétri) afin d'éviter quelques pertes et quantifier l'échantillon dans l'immédiat.

#### ❖ Méthode volumétrique:

La volumétrie est une technique de l'analyse quantitative simple à mettre en œuvre. Elle est basée sur la stocchiométrie d'une réaction chimique. Si on considère une réaction:



Le principe de la volumétrie consiste dans l'addition successive de petits volumes d'une concentration C (connue exactement) du composé B à un volume V (connue exactement) du composé.

#### III. 3.2.7..Calcium Ca<sup>2+</sup>

- Objet

Cette méthode d'essai a pour objet la détermination du dosage de calcium par la méthode titrimétrique à l'EDTA.

- Domaine d'application

La méthode est applicable pour les eaux souterraines, les eaux de surfaces, les eaux destinées à la consommation humaine. Elle peut aussi être utilisée pour les eaux résiduaires urbaines et les eaux brutes industrielles, à condition qu'elles ne contiennent pas de métaux lourds en quantités interférentes.

Elle est applicable aux eaux dont la teneur en calcium varie de 2 à 100 mg/l. Pour les eaux contenant plus de 100 mg/l de calcium, une dilution de l'échantillon doit être effectuée.

La méthode n'est pas applicable aux eaux de mer et eaux du même type à forte teneur en sels.

- **Principe**

Titrage des ions calcium avec une solution aqueuse de l'EDTA à un pH compris entre 12 et 13. L'indicateur utilisé est le murexide, qui forme un complexe rose avec le calcium.

Lors du titrage, l'EDTA réagit avec les ions calcium, l'indicateur vire alors de la couleur rose à la couleur violet.

- **Echantillonnage**

Les échantillons sont prélevés dans des bouteilles en polyéthylène ou en verre Méthode de travail.

➤ **Réactifs et matériels**

- **Réactifs**

- a) Hydroxyde de sodium, solution 2 N

Dissoudre 8 g d'hydroxyde de sodium (NaOH) dans 100 ml d'eau distillée, conserver dans une bouteille en polyéthylène.

- b) Calcium, solution de référence à 100 mg/l

- Une solution mère de commerce titrisol à 1 g/l en calcium peut être utilisée.

- Préparation de la solution fille à 100 mg/l de calcium :

Introduire 5 ml de la solution mère à 1 g/l de calcium à l'aide d'une.

pipette dans une fiole jaugée de 50 ml. Ajuster avec de l'eau.

distillée. On obtient une solution de concentration 100 mg/l.

- c) EDTA, solution titrée 0,01 mol/l

Sécher une portion d'EDTA à 80°C pendant 2 heures (étuve), dissoudre ensuite 3,725 g du sel sec dans de l'eau distillée et diluer à 1000 ml.

Conserver la solution d'EDTA dans une bouteille en verre et en vérifier le titre de temps à autre (fréquence hebdomadaire), comme suit (détermination du facteur de correction) :

- d) Murexide (indicateur)

- **Matériels**

-Burette de 25 à 50 ml utilisée pour l'EDTA.

-Matériel courant de laboratoire : fioles, pipettes, bêchers...

- **Traitement des échantillons**

Sans application.

- Partie expérimentale

-Nettoyage de la verrerie.

-Calcul du coefficient de correction (Fc).

Prendre 50 ml de la solution de référence calcium à 100 mg/l. S'en servir pour titrer la solution d'EDTA en versant lentement l'EDTA jusqu'au virage au violet. Lorsque la coloration violette est obtenue, noter le volume d'EDTA versé.

Le facteur de correction Fc est égal à :

$$Fc = \frac{\text{Volume versé}}{\text{Volume théorique (12.5ml)}}$$

Si :  $0,96 \leq Fc \leq 1,04$ , alors la solution d'EDTA est utilisable pour le dosage.

- Dosage

Prélever une prise d'essai de 50 ml de l'échantillon, ajouter 2 ml de la solution d'hydroxyde 2 N et une pincée d'indicateur (Murexide). Bien mélanger le tout.

Titrer avec la solution d'EDTA, en versant lentement. Le virage est atteint lorsque la couleur devient nettement violette.

La couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA.

- Mesures et calcul du résultat

La teneur en calcium, exprimée en mg/l, est donnée par l'équation :

$$Ca = \frac{C1 \times V2 \times A}{V0} \times Fc \times 1000 \times F$$

• C1 : concentration, exprimée en mole par litre, de la solution EDTA, soit 0,01.

V0 : est le volume, en millilitres, de la prise d'essai, soit 50 ml.

V1 : est le volume, en millilitres, de la solution d'EDTA, utilisé pour le dosage.

A : est la masse atomique du calcium (40,08 g)

Fc : facteur de correction du titre

F : facteur de dilution.

- Enregistrement du résultat

Les résultats sont retranscrits sur le cahier de poste et ensuite enregistrés dans la trame informatique.

- Contrôle de qualité

Contrôle de la concentration d'une solution comme contrôle de qualité. Si la valeur observée sort des limites définies sur la carte de contrôle correspondante, une action corrective est prise.

- Mesures de sécurité

NaOH : corrosif et dangereux.

EDTA : dangereux

- Remarques

- Si les échantillons ont été acidifiés pour conservation, les neutraliser avec les quantités calculées de solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) à 2 N.

- Transporter et conserver les échantillons au frais et à l'obscurité.

- Utilisation du Murexide au lieu du HSN.

### **III. 3.2.8. Dosage de la somme du calcium et magnésium par méthode titrimétrique à l'EDTA**

- Objet

Cette méthode d'essai a pour objet de déterminer la somme des concentrations en calcium et magnésium d'une eau.

- Domaine d'application

La méthode est applicable pour les eaux souterraines, les eaux de surfaces, les eaux destinées à la consommation humaine. Elle peut aussi être utilisée pour les eaux résiduaires urbaines et les eaux brutes industrielles, à condition qu'elles ne contiennent pas de métaux lourds en quantités interférentes.

La méthode n'est pas applicable aux eaux de mer et eaux du même type à forte teneur en sels.

- Principe

Titrage par complexométrie des ions calcium et magnésium avec une solution acqueuse de sel dissodique d'acide éthylène-diamine tétraacétique (EDTA) à un pH de 10. L'indicateur utilisé est le noir ériochrome T, qui donne une couleur rose en présence des ions calcium et magnésium.

Lors du titrage avec l'EDTA la solution vire au bleu.

- Echantillonnage

Sans application

- Méthode de travail

➤ Réactifs et matériels

- Réactifs

a) Calcium, solution étalon de référence à 0,01 mol/l

Sécher un échantillon de carbonate de calcium pur pendant 2 heures à 150 °C et laisser refroidir à la température ambiante dans un dessiccateur.

En introduire 1,001 g dans une fiole conique de 500 ml, et l'humidifier avec de l'eau. Ajouter goutte à goutte de l'acide chlorhydrique à 4 mol/l jusqu'à ce que tout le carbonate soit dissous.

Eviter un excès d'acide. Ajouter 200 ml d'eau et porter à ébullition quelques minutes afin d'éliminer le dioxyde de carbone. Refroidir et ajouter quelques gouttes de l'indicateur au rouge de méthyle. Ajouter une solution ammoniacale à 3 mol/l jusqu'à ce que la solution devienne orange. Transvaser la solution dans une fiole jaugée de 1000 ml et amener au volume avec de l'eau distillée.

1 ml de la solution contient 0,4008 mg (0,01 mmol) de calcium.

b) EDTA, solution titrée à 0,01 mol/l

Sécher une portion d'EDTA, sel disodique dihydraté ( $C_{10}H_{14}N_2O_8Na_2 \cdot 2H_2O$ ) à 80°C pendant 2 heures (étuve), dissoudre ensuite 3,725 g du sel sec dans de l'eau distillée et diluer à 1000 ml dans une fiole jaugée.

Conserver la solution d'EDTA dans une bouteille en verre ou en polyéthylène et en vérifier le titre de temps à autre (fréquence hebdomadaire et voir calcul de facteur de correction).

c) Solution tampon pH 10

Dissoudre 67,5 g de chlorure d'ammonium ( $NH_4Cl$ ) dans 570 ml de solution ammoniacale [25 % (m/m) ;  $Q_{20} = 0,91 \text{ g/ml}$ ].

Ajouter ensuite 5 g du sel disodique de magnésium de l'EDTA ( $C_{10}H_{12}N_2O_8Na_2Mg$ ) et diluer à 1000 ml avec de l'eau distillée.

Conserver la solution dans une bouteille en polyéthylène (durée de conservation 3 mois). Diluer 10 ml de cette solution dans une fiole de 100 ml (dilution au 1/10ème) avec de l'eau distillée et vérifier que le pH est de  $10,0 \pm 0,5$ .

d) Mordant noir 11, indicateur

Dissoudre 0,5 g de sel de sodium de mordant noir 11 (acide [hydroxy-1naphthylazo-2] nitro-6 naphtol-2 sulfonique-4] ( $C_{20}H_{12}N_3O_7SNa$ ) dans 100 ml de triéthanolamine [ $(HOCH_2)_3N$ ]. Il est possible d'ajouter jusqu'à 25 ml d'éthanol à la place de la triéthanolamine, afin de déminuer la viscosité de la solution.

Cet indicateur est aussi appelé noir ériochrome T (NET). Un mélange de 1 g de noir ériochrome et de 100 g de chlorure de sodium ( $NaCl$ ) peut-être utilisé comme indicateur.

- Matériels

-Burette de 25 à 50 ml utilisée pour l'EDTA .

-Matériel courant de laboratoire : fioles, pipettes, béchers... ; pH-mètre

- Traitement des échantillons

Sans application

- Partie expérimentale

-Nettoyage de la verrerie

-Calcul de facteur de correction (Fc)

Prendre 50 ml de la solution de référence calcium à 100 mg/l. S'en servir pour titrer la solution d'EDTA en versant lentement l'EDTA jusqu'au virage au violet. Lorsque la coloration violette est obtenue, noter le volume d'EDTA versé.

Le facteur de correction Fc est égal à :

$$Fc = \frac{\text{Volume versé}}{\text{Volume théorique (12.5)}}$$

Si :  $0,96 \leq Fc \leq 1,04$ , alors la solution d'EDTA est utilisable pour le dosage.

Dosage

Prélever une prise d'essai de 50 ml de l'échantillon, ajouter 4 ml de la solution tampon (c) et une pincée d'indicateur NET (d). Bien mélanger, la solution doit se colorer en rose. Titrer immédiatement avec la solution d'EDTA (b), en versant lentement jusqu'au virage au bleu.

La couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA.

- Mesures et calcul du résultat

La concentration totale en ions calcium et magnésium ( $\text{Ca}^{+2} \text{ Mg}^{+2}$ ), exprimée en °F, est donnée par la formule :

$$TH = V_2 \times 2 \times F \times Fc$$

Où

TH : dureté exprimée en °F.

$V_2$  : est le volume, en millilitres, d'échantillon dosé.

$Fc$  : facteur de correction.

$F$  : facteur de dilution.

- Enregistrement du résultat

Les résultats sont retranscrits sur le cahier de poste et ensuite enregistrés dans la trame informatique.

- Contrôle de qualité

Contrôle de la concentration d'une solution comme contrôle de qualité.

Si la valeur observée sort des limites définies sur la carte de contrôle correspondante, une action corrective est prise.

- Mesures de sécurité

EDTA : dangereux

NH<sub>4</sub>Cl

NH<sub>4</sub>OH

- Remarques

- Une solution mère de commerce 1 g/l en calcium peut être utilisée

- Transporter et conserver les échantillons au frais et à l'obscurité.

-Utilisation du NET au lieu du mordant noir 11.

### **III. 3.2.9. Chlorure Cl<sup>-</sup>**

- Objet

L'objet de la présente prescrit une méthode titrimétrique pour le dosage des chlorures dissous dans l'eau (méthode de Mohr).

- Domaine d'application

Cette méthode est applicable pour le dosage des chlorures dans les eaux de distribution souterraines et de surface.

- Principe

Réaction des ions chlorures avec des ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui est précipité quantitativement .Addition d'un petit excès d'ions argent et formation du chromate d'argent brun-rouge avec des ions chromates qui ont été ajoutés comme indicateur.

Cette réaction est utilisée pour l'indication du virage. Durant le titrage, le pH est maintenu entre 5 et 9.5 afin de permettre la précipitation.

- Echantillonnage

Les échantillons sont prélevés dans des bouteilles en polyéthylène .

- Méthode de travail

- Réactifs et matériel

- Réactifs

- a) Solution de nitrate d'argent ( $\text{AgNO}_3$ ) à 0,02 mol/l

Dissoudre dans l'eau 3.3974 g de nitrate d'argent ( $\text{AgNO}_3$ ) séchés au préalable à 105 °C et compléter à 1000 ml dans une fiole jaugée. Si la solution est conservée à l'obscurité dans une bouteille en verre brun munie d'un bouchon en verre, elle reste stable pendant plusieurs mois. La solution est étalonnée avec 10 ml d'une solution étalon de référence de chlorure de sodium( $\text{NaCl}$ )

- b) Solution d'indicateur de chromate de potassium ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) à 100 g/l

- Dissoudre 10 g de chromate de potassium ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) dans l'eau et diluer à 100 ml.

Dissoudre 1.1688 g de chlorure de sodium ( $\text{Na Cl}$ ) séchés au préalable à 105°C et compléter à 1000 ml d'eau distillée.

- d) Solution d'acide nitrique ( $\text{HNO}_3$ ) à 0.1 mol/l

Cette solution doit-être conservée dans un flacon en verre et elle est stable indéfiniment. Utilisée pour réajuster un pH supérieur à 9.5.

- e) Solution d'hydroxyde de sodium ( $\text{NaOH}$ ) à 0.1 mol/l

Dissoudre 4 g d'hydroxyde de sodium ( $\text{NaOH}$ ) dans l'eau et compléter à 1000 ml. Solution utilisée pour réajuster un pH inférieur à 5.

- f) Carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) ou mono hydrogénocarbonate de sodium ( $\text{NaHCO}_3$ ) en poudre

- Matériel

- Burette

- Capsules en porcelaine de 100 ml

- Pipettes

- Fioles

- Bécher.

- Partie expérimentale

- Dosage

Introduire 100 ml de l'échantillon dans une capsule en porcelaine blanche ou dans une fiole ou dans un bêcher conique, placé sur un fond blanc.

Ajouter 1 ml d'indicateur de chromate de potassium (b) et titrer la solution par addition goutte à goutte de solution de nitrate d'Argent jusqu'à ce que la solution prenne une couleur rougeâtre.

Après addition d'une goutte de solution de Chlorure de Sodium cette coloration doit disparaître.

- Essai à blanc

Titrer une solution à blanc en utilisant 100 ml d'eau distillée à la place de l'échantillon pour essai. La valeur de l'essai à blanc ne devrait pas dépasser 0.2 ml de Nitrate d'Argent (a), dans le cas contraire, vérifier la pureté de l'eau.

- Expression des résultats

La concentration en chlorure  $P_{Cl}$  exprimée en milligrammes par litre, est donnée par formule

$$P_{Cl} = \frac{V_s - V_b}{V_a} \times C_f$$

Où

$P_{Cl}$  : est la concentration en milligramme par litre de chlorure.

$V_a$  : est le volume, en millilitres de l'échantillon pour essai (maximum 100 ml ; les dilutions doivent être prises en compte).

$V_b$ : est le volume, en millilitres de solution de Nitrates d'Argent utilisée pour le titrage de du blanc.

$V_s$ : est le volume, en millilitres de solution de Nitrates d'Argent utilisée pour le titrage de du l'échantillon.

$C$ : est la concentration réelle exprimée en moles d' $AgNO_3$  par litre, de la solution de Nitrate d'Argent.

$f$ : est le facteur de conversion  $f=35453$  mg/mol

Donner le résultat à 1 mg/l près, avec seulement 3 chiffres significatifs.

- Contrôle de qualité

Contrôle de la concentration d'une solution de chlorures à 500 mg/l:

Si la valeur observée sort des limites définies sur la carte de contrôle correspondante, une action corrective est prise.

- Mesure de sécurité
- Sécurité et hygiène

Lors de l'utilisation des réactifs chimiques, il est indispensable de disposer d'une protection oculaire, de masque, de vêtement de protection et d'extracteur d'air au laboratoire. Ces réactifs ne doivent jamais être pipetés à la bouche.

- Protection de l'environnement

Pas d'application

- Remarques

Si le pH de l'échantillon n'est pas compris entre 5 et 9.5, ajuster le pH en utilisant soit la solution d'acide nitrique (d), soit la solution d'hydroxyde de sodium (e), selon le cas, et noter le volume recquis.

- S'il ya des ions ammonium dans l'échantillon à des concentrations supérieures à 10 mg/l, ajuster le pH entre 6.5 et 7.

Ajuster le pH sur une partie aliquote, puis en prélever une autre et, cette fois-ci, sans mesurer le pH, ajouter les mêmes quantités de solutions d'acide/hydroxyde.

Si le pH est inférieur à 5, et pour améliorer la capacité du tampon, il peut-être utile d'ajuster le pH à l'aide de carbonate de calcium ou d'hydrogénocarbonate de sodium

(f). La quantité ajoutée devra être choisie de façon qu'un résidu de carbonate reste dans l'échantillon après dosage.

### III. 3.2.10. La dureté totale (ou hydrotimétrique = TH)

- **Principe:**

Les alcalinoterreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe du type chélate par le sel disodique de l'acide éthylènediamine tétracétique à pH10. La disparition des dernières traces d'éléments libres à doser est décelée par le virage d'un indicateur spécifique, le noir ériochrome. En milieu convenablement tamponné pour empêcher la précipitation du magnésium, la méthode permet de doser la somme des ions calcium et magnésium.

- **Réactifs:**

a) Solution de noir ériochrome T à 0,5%:

0,5 g de sel de sodium de l'acide [(hydroxy-1-naphtylazo-2) nitro-6-naphtol-2-sulfonique-4] 100 ml de triéthanolamine

b) Solution tampon pH 10:

67,5 g de chlorure d'ammonium NH<sub>4</sub>Cl, 570 ml d'ammonium (d-0,925), 5 g de sel disodique de magnésium de l'EDTA (C<sub>10</sub>H<sub>12</sub>N, O, Na, Mg), 1 litre d'eau permutée

c) Solution d'EDTA:

3,725 de sel disodique de l'acide éthylène diamine tétracétique, 1 litre d'eau permutée.

- **Mode opératoire:**

- Prendre 10 ml d'eau à analyser
- Ajouter 4 ml de solution tampon

- Ajouter 2 gouttes de solution de noir ériochrome T
- ET titrage avec l'EDTA jusqu'à obtention une couleur bleu
  - **Expression des résultats :**

Mg/1 TH VEDTA X 100

### III. 3.2.11.Détermination de TAC:

- **Objet**

La présente méthode d'essai a pour objet de déterminer l'alcalinité d'une eau par la mesure du titre alcalimétrique (TA) et du titre alcalimétrique complet (TAC). L'opération est effectuée en utilisant un pH-mètre, une burette ou un dosimat.

- **Domaine d'application**

Cette méthode s'applique aux eaux de distribution, souterraines, de surface et les eaux minérales dont la température est comprise entre 0 et 60°C.

Elle comporte la description d'une méthode volumétrique applicable dans tous les cas où la présence de substances qui tamponnent les ions hydrogène dans les zones de pH 4.3 et 8.3 n'est pas à craindre, elle est mise en œuvre à l'aide d'un pH-mètre.

- **Principe**

#### • Définition

Détermination des volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaires pour neutraliser, aux niveaux de pH 8.3 et 4.3, le volume d'eau à analyser. la première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (TA), La seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC).

- **Abréviation**

TA : titre alcalimétrique.

TAC : titre alcalimétrique complet.

Dosimat : un distributeur automatique

- **Echantillonnage**

Les échantillons sont prélevés dans des bouteilles en verre ou en polyéthylène et doivent-être analysés dès que possible après leur prélèvement. Ils sont conservés entre 1 et 5 °C.

- **Méthode de travail**
- **Réactifs et matériel**
- **Réactifs**
  - a) Acide chlorhydrique (HCl) concentré à 37 %.

b) Solution d'acide chlorhydrique (HCl) à 0.01 N.

Diluer 0,82 ml de l'acide chlorhydrique concentré à 37 % (a) et compléter à 1000 ml avec de l'eau distillée.

➤ Matériels

- pH-mètre.
- Electrode.
- Burette manuelle ou burette automatique.
- Agitateur magnétique, barreaux magnétiques.
- Bécher de 50 ml.
  - Traitement des échantillons
- Pas d'application.
  - Partie expérimentale

Comme pour toute méthode instrumentale, la méthode d'essai est très étroitement lié aux matériels dont en dispose ; se reporter à la notice de l'appareil.

Amener 100 ml d'eau à analyser au pH 4.3 ; Soit V2 le volume total d'acide employé. Si le pH est supérieur à 8.3 verser lentement l'acide chlorhydrique pour obtenir cette valeur .Noter le volume V1 lu au dosimat. Suivre les instructions de l'utilisation du PH mètre.

▪ Mesures et calcul du résultat

Le titre alcalimétrique simple (TA) et le titre alcalimétrique complet (TAC), exprimés en mg/l par litre sont donnés respectivement par les expressions :

$$TA = (V1 \times N \times 1000) * \text{masse molaire des carbonates} / V$$

$$TAC = (V2 \times N \times 1000) * \text{masse molaire des bicarbonates} / V$$

Masse molaire des bicarbonates = 61mg

Masse molaire des carbonates = 60mg

-Si l'eau contient des bicarbonates seulement donc :

$$TA = 0$$

$$\text{Et} \quad TAC = (HCO_3^-) \text{ mg/l} = V1 \times 61.$$

-Si l'eau contient des carbonates et des bicarbonates donc :

$$TA = (CO_3^{2-}) \text{ mg/l} / 2 \text{ et}$$

$$TAC = (HCO_3^-) \text{ mg/l} + 2TA.$$

Où ;

V est le volume en millilitres, de la prise d'essai (100) ml.

V1 est le volume de la solution d'acide chlorhydrique (HCl) à 0,01 N versé de la burette.

V2 est le volume d'acide chlorhydrique en millilitres.

N est la normalité de la solution d'acide chlorhydrique = 0.01N.

- Enregistrement du résultat

Les résultats sont retranscrits sur la feuille des résultats puis dans une trameinformatique.

- Contrôle de qualité

Contrôle de la concentration d'une solution comme contrôle de qualité.

Si la valeur observée sort des limites définies sur la carte de contrôle correspondante, une action corrective est prise.

- Mesure de sécurité
- Sécurité et hygiène

Pas d'application.

- Protection de l'environnement

Pas d'application.

- REMARQUES

Pas d'application

### III. 3.2.12. Détermination du résidu sec

- Objet

La présente méthode d'essai a pour objet la description des méthodes de détermination des résidus secs dans les eaux à 100-105°C et à 175-185°C.

- Domaine d'application

Cette méthode s'applique aux eaux de distribution, souterraines, de surface, aux eaux usées et effluents industriels.

Pour les eaux chargées en matières en suspension, il faut procéder d'abord à une filtration d'un volume d'eau de tel sorte qu'il conduise à un résidu sec d'au moins 10 mg ,et de préférence, compris entre 100et 200.

- Principe

Evaporation au bain d'eau bouillante d'un volume d'eau choisie en fonction des quantités de matières fixes présentes, dessiccation à l'étuve à température donnée et pesée du résidu.

#### - Le résidu sec à 100-105 °C

Résulte de l'évaporation simple de l'eau mais aussi de l'évaporation, en totalité ou en partie, de l'eau occluse et de l'eau de cristallisation des sels ; des pertes en dioxyde de carbone peuvent résulter de la transformation des bicarbonates en carbonates.

Il peut y avoir, en outre, une perte plus au moins négligeable de matières organiques.

#### - Le résidu sec à 175-185 °C

Peut encore résulter de la perte d'eau de cristallisation, en particulier si des sulfates sont présents ; la presque totalité de l'eau occluse est éliminées, les bicarbonates sont transformés en carbonates, certains chlorures et certains nitrates sont décomposés où même volatilisés.

Les matières organiques, d'origine naturelles sont peu atteintes bien que certaines d'entre elles puissent être volatilisées.

- Echantillonnage

Les échantillons sont prélevés dans des bouteilles en verre borosilicaté. Ils sont conservés à 4 °C dans l'obscurité

- Méthode de travail

- Réactifs et matériel

- Matériels

- Capsule en porcelaine, en verre borosilicaté ou, de préférence, en silice ou en platine.

- Balance permettant d'effectuer la pesée de la capsule et de son contenu à 0.1 mg près.

- Etuve réglable à 100-105°C ou 175-185°C.

- Four réglable à 525°C.

- Traitement des échantillons

Pas d'application.

- Partie expérimentale

- Essai

- Nettoyer la capsule à l'acide chlorhydrique (HCl) ou à l'acide nitrique (HNO<sub>3</sub>) dilués au dixième environ et tièdes, puis à l'eau distillée. La sécher par passage à l'étuve, puis la calciner dans le four réglé à 525 °C. Laisser refroidir presque jusqu'à la température ambiante puis placer dans un dessiccateur pendant 1/4 d'heure environ et peser. Soit M<sub>0</sub> la masse de la capsule vide.

- Faire évaporer progressivement au bain d'eau bouillante la prise d'essai introduite, éventuellement en plusieurs fractions successives, dans la capsule : il est recommandé de ne remplir celle-ci que jusqu'à mi-hauteur, vers la fin de l'opération, rincer à l'eau distillée la fiole jaugée qui a servi à mesurer la prise d'essai et verser les eaux de lavage dans la capsule. Une fois l'eau évaporée, placer la capsule dans l'étuve, réglée à 100-105°C et l'y laisser pendant 1 heure.

- Si l'essai a pour objet la détermination du résidu sec à 100-105 °C laisser refroidir la capsule et son contenu presque jusqu'à la température ambiante, pour la placer ensuite dans un dessiccateur pendant 1/4 d'heure environ et peser.

Recommencer le cycle chauffage à 100-105°C – refroidissement- pesée jusqu'à ce que deux pesées consécutives ne diffèrent pas de plus de 0.5 mg. Soit M<sub>1</sub> la masse trouvée.

- Si l'essai a pour objet la détermination du résidu sec à 175-180°C poursuivre la dessiccation en plaçant la capsule pendant deux heures dans l'étuve à 175-180°C puis la laisser refroidir presque jusqu'à la température ambiante pour la placer ensuite dans un dessiccateur pendant 1/4 d'heure environ et peser. Recommencer le cycle chauffage à 175-180°C- refroidissement- pesée jusqu'à ce que deux pesées consécutives ne diffèrent pas de plus de 0.5 mg. Soit M<sub>2</sub> la masse trouvée.

- Mesure et calcul des résultats

Soient :

V : Le volume, en millilitres, de la prise d'essai.

M<sub>0</sub> : La masse, en milligramme de la capsule vide.

M1 :La masse, en milligrammes, de la capsule et de son contenu après étuvage à 100-105°C.

M2 : La masse en milligramme, de la capsule et de son contenu après étuvage à 175-185°C.

Le résidu sec à 100-105°C, exprimé en milligrammes par litre, est donné par l'expression :

$$(M1-M0)*1000/V$$

Le résidu sec à 175-185°C, exprimé en milligramme par litre, est donné par l'expression :

$$(M2-M0)*1000/V$$

- Enregistrement des résultats

Les valeurs de résidus secs sont notées sur une feuille de résultats puis dans la trame informatique.

- Mesures de sécurité

- Sécurité et hygiène

Pas d'application.

- Protection de l'environnement

Pas d'application.

- Remarques

Dans le cas d'eaux très minéralisées, limiter le prélèvement de façon à ne pas avoir à peser plus de 200 mg.

# Chapitre 4

# Résultats et discussion

## IV.Résultats et discussion

### IV.1.Résultats et discussion des analyses bactériologie de l'eau

Des bactéries dangereuses pour l'homme peuvent être présentes dans toutes les eaux, venant de rejets humains ou de l'environnement(Rodier,2009).

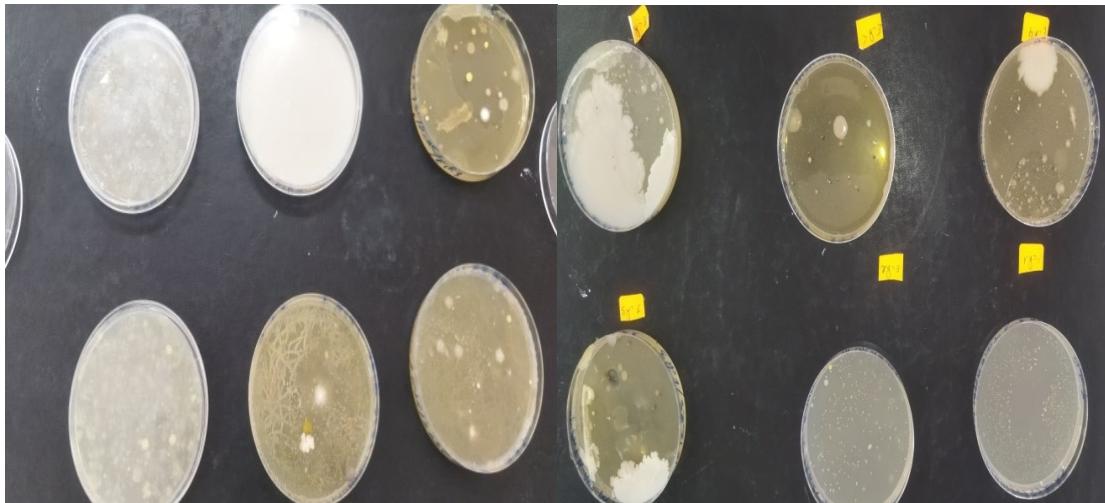
Les germes recherchés sont choisis, dans les limites des moyens disponibles : les germes révivifiables, Coliformes fécaux, Coliformes totaux, Streptocoques fécaux ,Les anaérobies sulfito-réducteurs (ASR), *Salmonella* et *Staphylococcus aureus* les différents résultats sont regroupés dans le tableau N°8.

**Tableau 8.** Les résultats des analyses bactériologique.

Les bactériés	Les résultats						Norme de journal officiel
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	Ech 4	Ech 5	Ech 6	
Germes révivifiableUFC/ml	+	+	+	+	+	+	≥ 20
Coliforme fécaux UFC/ml	2	2	1	2	1	1	≥10
Coliforme totaux UFC/ml	13	6	160	6	13	13	≥100
Streptocoques fécaux UFC/ml	1	8	24	1	10	1	00
Les anaérobies sulfito-réducteurs(ASR)	-	-	+	-	+	-	-
<i>Salmonella</i>	-	+	-	-	+	+	-
<i>Staphylococcus aureus</i>	+	+	+	+	-	+	-

#### IV.1.1. Germes revivifiables

Le dénombrement des germes totaux permet d'évaluer de manière globale la contamination microbienne d'une eau, en mesurant l'ensemble de la charge bactérienne présente. Les résultats analyses effectuées (Tableau 9).



**Figure 4.**Dénombrement des germes totaux à 22°C (photo originale)

**Figure 5.**Dénombrement des germes totaux à 37°C (photo originale)

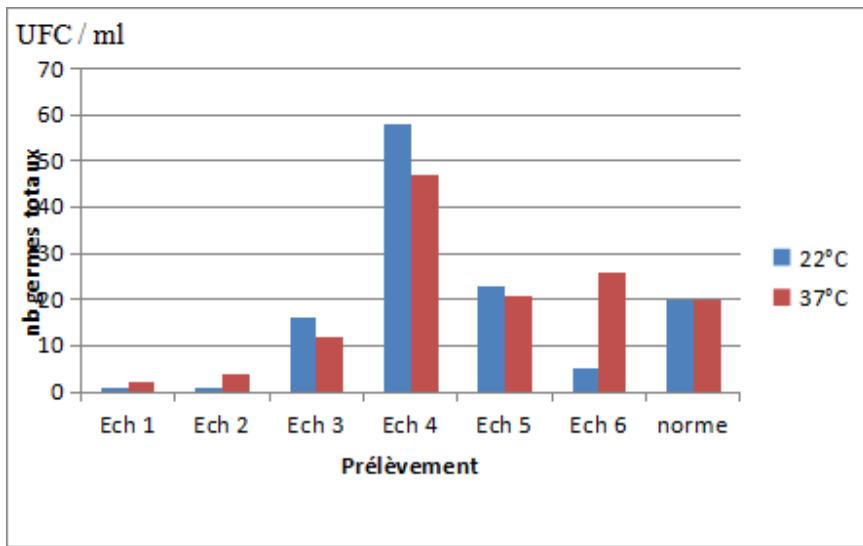
On peut classer nos résultats de dénombrement dans le tableau suivant :

**Tableau 9.** Dénombrement des germes révivifiable

Germe révivifiable	Dénombrement						Norme de journal officiel
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	Ech 4	Ech 5	Ech 6	
22°C	1	1	16	58	23	5	≤20
37°C	2	4	12	47	21	26	≤20

Ainsi une croissance est enregistré avec tous les échantillon à 22°C et 37°C.(les figures 4 , 5) Pour les germes revivifiables à 22°C, les valeurs les plus élevées sont enregistrée dans l'échantillon 4 avec 58UFC/ml, et la valeur minimale étant de 1UFC/ml dénombrée dans l'échantillon 1 et l'échantillon 2 ,Alors nous remarquons pour les germes totaux à 37°C, les

valeurs élevées ont été enregistrées toujours dans l'échantillon 4 avec 47UFC/ml , La valeur minimale est de 2 UFC/ml dénombrée dans l'échantillon 1.



**Figure 6.**Variation des germes révivable à 22°C et 37°C de l'eau d'irrigation dans les 6 échantillon.

les valeurs des germes revivable dans l'échantillon 4 et échantillon 5 dépasse la limite fixée par le Journal Officiel de la République Algérienne ( $\leq 20$  UFC /ml)(**JORA. 2011**).

Le dénombrement des germe révivable est utilise comme indicateur de pollution , une hausse de bactéries signal une contamination extérieure (**Rodier,2009**).

#### IV.1.2. Coliforme totaux

Les figures 7, 8 et 9 montre les résultats du dénombrement du teste présomptif (coliforme totaux).La réaction positive, est exprimée par un changement de couleur du milieu et un dégagement de gaz dans la cloche de Derham, cette réaction est due à la dégradation du lactose par les coliformes.



**Figure7.** Résultats des coliformes totaux au milieu BCPL50ml(photo originale).



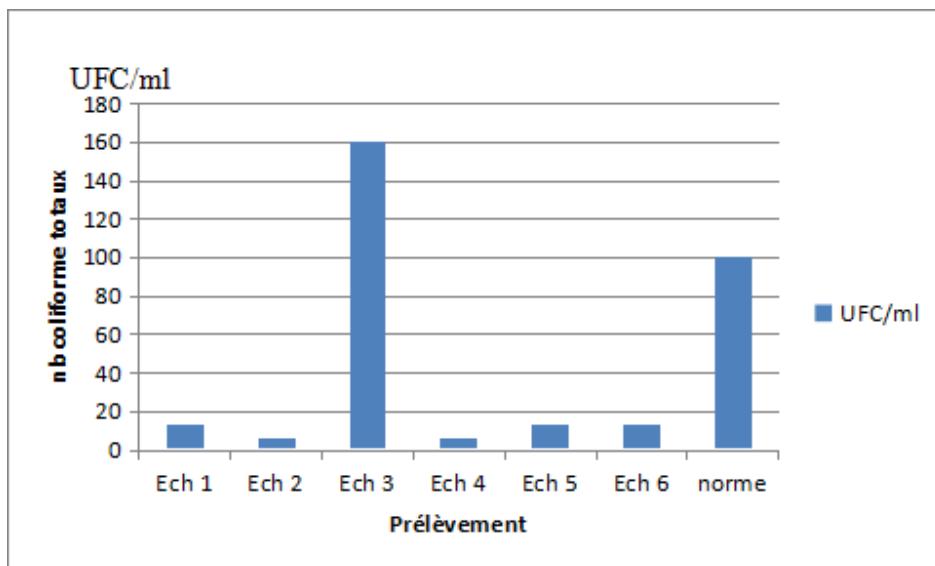
**Figure8.** Résultats des coliformes totaux D/C au milieu BCPL 10ml (photo originale).



**Figure9.** Résultats des coliformes totaux S/C au milieu BCPL 1ml (photo originale).

-Suite aux observations faites sur les différents flacon et tubes et après comparaison la lecture sur la table de Mac Grady les résultats sont regroupés dans (le tableau 8)

Les résultats obtenus de table NPP montrent des valeurs comprises entre 5 et 160. Il a été constaté que, pour l'ensemble des sites de prélèvement, les teneurs mesurées respectent la limite fixée par le Journal Officiel de la République Algérienne (**J.O.R.A, 2011**), à l'exception de l'échantillon 3, dont la concentration dépasse cette norme.



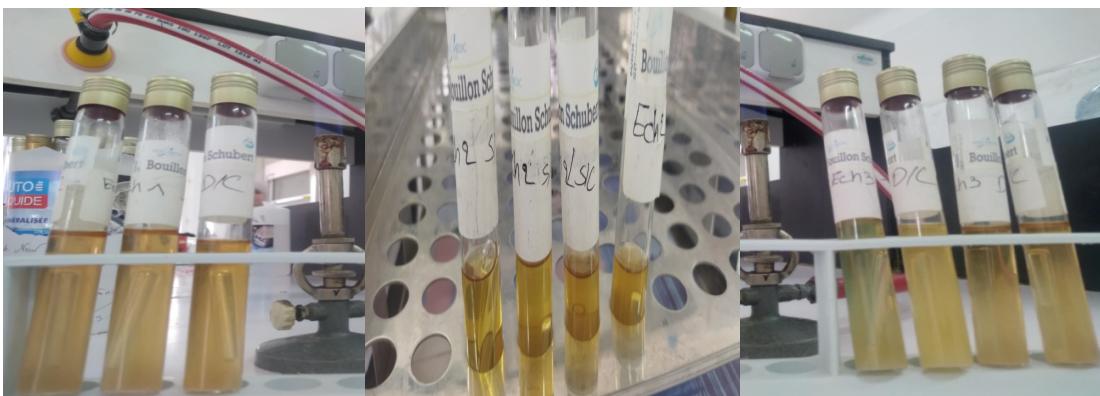
**Figure 10.** Variation des coliformes totaux de l'eau d'irrigation dans les 6 échantillons.

Et celle décrite **Benakcha, (2024)** L'étude comparative de la qualité bactériologique de l'eau d'irrigation a révélé des différences notables entre notre zone d'étude .Alors que cette dernière montre une qualité excellente avec des coliformes totaux variant de 0 à 120 CT/100 ml, tous conformes aux normes, notre étude a enregistré des valeurs allant de 5 à 160 UFC/ml. La majorité des échantillons respectent la norme **J.O.R.A 2011** ( $\leq 100$  UFC/ml), à l'exception de l'échantillon n°3, qui présente une contamination significative, probablement d'origine fécale locale.

Nos résultats sont globalement cohérents avec ceux d'une étude récente **Benakcha, (2024)**, ce qui renforce leur fiabilité. La comparaison met en évidence des variations dans la qualité de l'eau, liées aux normes appliquées et aux conditions locales. Elle souligne la nécessité d'une surveillance continue et d'une gestion rigoureuse des sources de pollution pour garantir la sécurité de l'eau d'irrigation.

#### IV.1.3. Coliforme fécaux

Aprèsensemencement de 2 à 3 gouttes de chaque tube BCPL positif dans des tubes contenant le milieu Schubert exempted'indole, La production d'indole est mise en évidence par l'addition de réactif de Kovacs qui agit avec l'indole en donnant une coloration rouge dans la partie supérieure du milieu en cas de réaction positive.



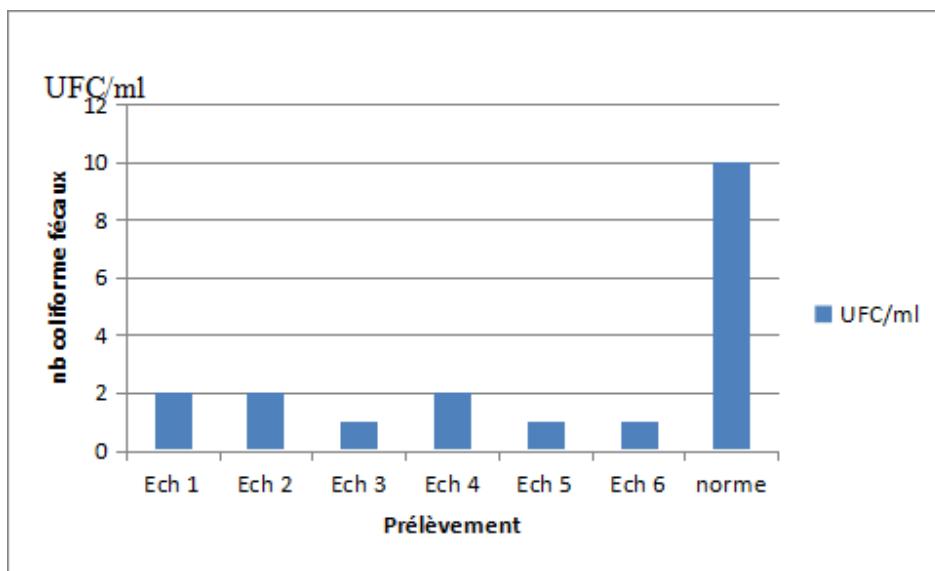
**Figure 11.** Résultats des coliforme fécaux S/Cau milieu Schubert(photo originale).



**Figure 12.**Résultats des coliforme fécaux D/C au milieu Schubert(photo originale).

Les résultats obtenus montrent des valeurs comprises entre 1UFC/ml à 2UFC/ml (Figure 11, 12) tous sont conformes aux normes (J.O.R.A, 2013). coliforme le mieux représenté dans les matières fécales est *Escherichia coli*, sa recherche est donc extrême importante. La présence de coliformes fécaux dans l'eau signifie une contamination récente du milieu aquatique par la matière fécale humaine ou d'animaux à sang chaud (Rodier, 2009).

Ces teneurs bactériennes restent inférieur à celles signalés par (Laber et al., 2014), et (Dimane et al., 2017).



**Figure 13.** Variation des coliforme fécaux de l'eau d'irrigation

Ainsi la possibilité de présence des coliformes d'origine fécale dans les eaux de d'irrigation indique une pollution ou une contamination fécale, qui dépendent des différentes activités agricoles et anthropogéniques. Deux facteurs semblent influencer les bactéries de la contamination fécale : la disponibilité des nutriments et la turbidité de l'eau.

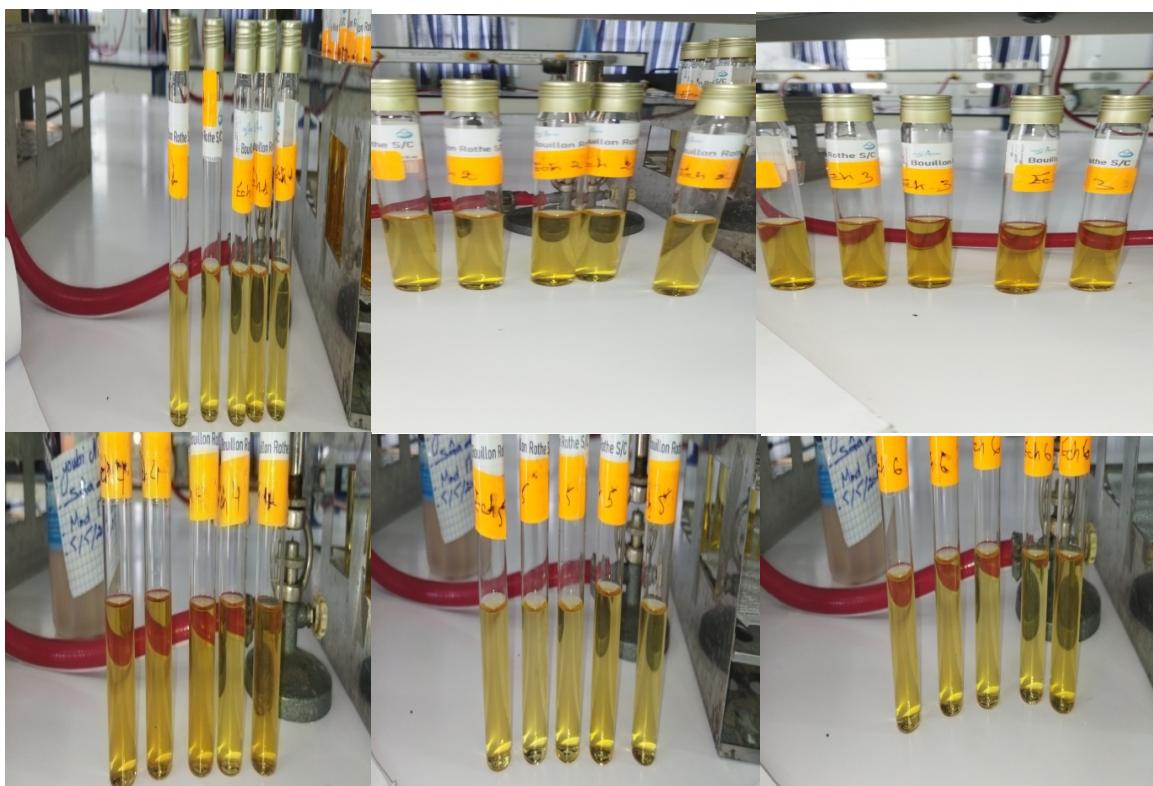
Selon(Chevalier,2007), la présence de coliformes totaux, d'origine animale et humaine, indique une contamination récente par des matières fécales.

#### IV.1.4. Streptocoques fécaux

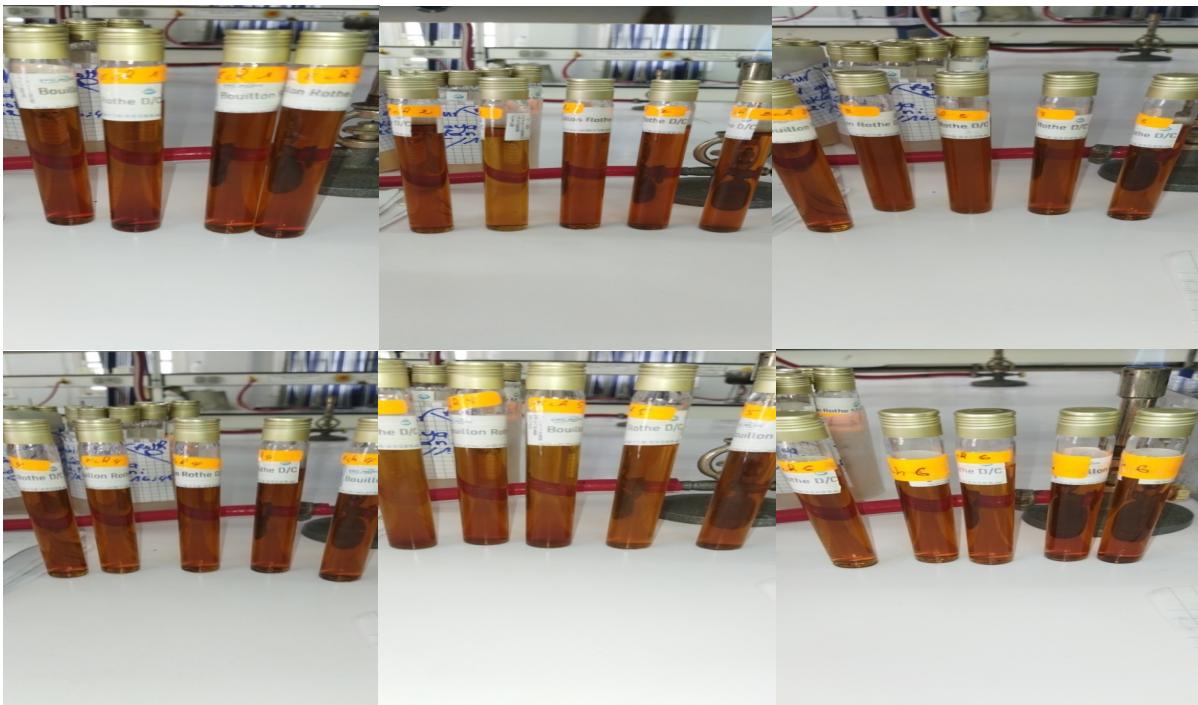
Les figures 14, 15 et 16 montrent les résultats du dénombrement du test présomptif (streptocoques fécaux). La réaction positive, est exprimée par un trouble microbien qui doivent en aucun cas faire l'objet de dénombrement mais doivent par contre, absolument faire l'objet d'un repiquage sur milieu LITSKY EVA dans le but de confirmer.



**Figure 14.** Résultats des *Streptocoques fécaux* au milieu ROTHE 50 ml (photo originale).



**Figure 15.** Résultats des *Streptocoques fécaux* S/C au milieu ROTHE 10 ml (photo originale).

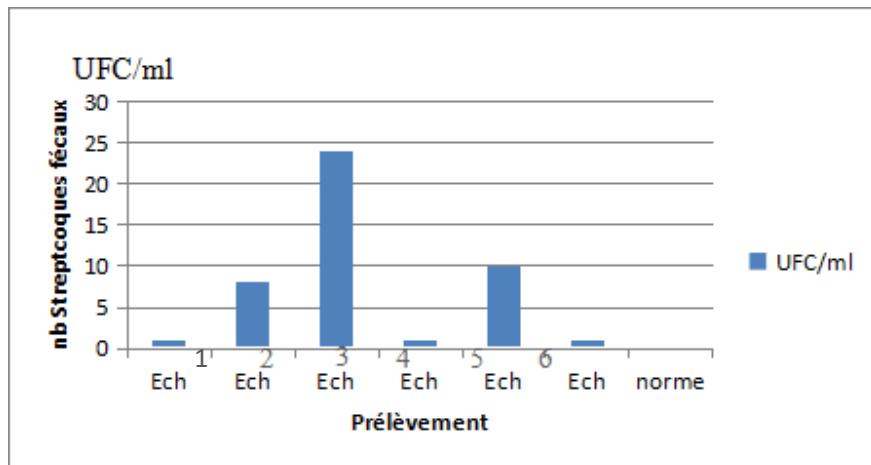


**Figure16.**Résultats des Streptocoques fécaux D/C au milieu ROTHE 1ml (photo originale).

Les tubes de Rothe trouvé positifs feront donc l'objet d'un repiquage dans un tube contenant le milieu Eva-Litsky.

Après la lecture sur la table de Mac Grady, les résultats sont enregistrés dans (le tableau8)

Selon l'**OMS(2000)** les streptocoques fécaux sont en grand partie d'origine humaine , certaines bactéries de ce groupe proviennent également de fèces animale.



**Figure 17:** Variation des streptocoques fécaux de l'eau d'irrigation.

Le graphique (figure 17) des streptocoques fécaux nous montre que l'échantillon 3 renferme le nombre le plus élevé avec une valeur maximale de 24UFC/100 ml dépassent ainsi les normes d'OMS limité et de la réglementation algérienne (0UFC/100ml) alors que la valeurs minimales on été enregistrés une utilisation en agriculture dans les échantillons 1,2,4,5 et 6 donc l'eau de l'échantillon 3 est inapte pour une utilisation en agriculture.

La présence de streptocoques fécaux, détectée à dans échantillon 3 , pourrait s'expliquer par des sources de pollution locales, telles que le ruissellement provenant de terres agricoles enrichies en fumier, la présence de fosses septiques, l'élevage de bétail ou encore certaines activités humaines, on le rejet des eaux usées des unités d'habitation est peut être une source importantes de streptocoques les charges bactériennes des sites étudiés sont inférieure à celle enregistrés par (Derradji et al.,2015) et (Youbi,2020).

#### IV.1.5.Bactéries anaérobies sulfito-réducteurs(ASR)

Les résultats montrent la présence des colonies noir dans les échantillon 3 et l'échantillon 5 ce qui indique probablement des *Clostridium* (Figure 18).



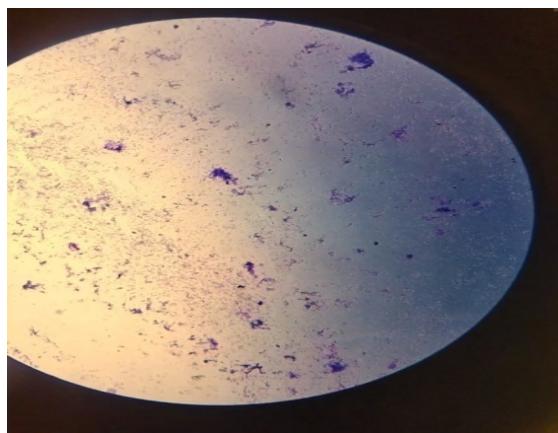
**Figure 18.** Résultats des spores d'Anaérobies Sulfito-Réducteurs au milieu viande foie(photo originale).

Les souches positive sont ensuite isolés sur le milieu TY ,ainsi un trouble microbien est observe ce qui indique la présence de *Clostridium*(Figure 19) .

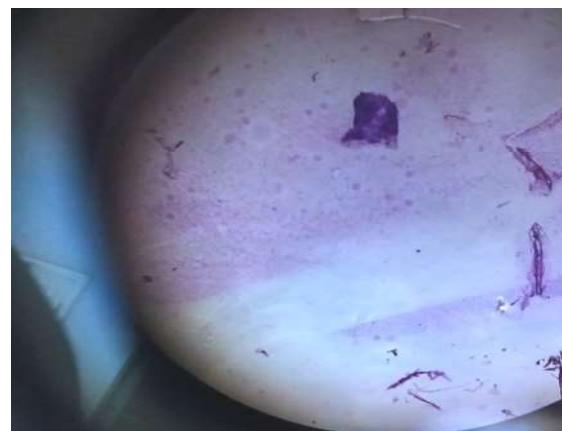


**Figure19.**Résultats *Clostridium* après isolement sur milieu TY(photo originale).

Pour nous assurer de son existence, nous avons fait une identification biochimique (coloration Gram, état frais et test catalase).



**Figure20.** Observation microscopique de coloration de Gram des ASR échantillon 3  $G\times 10$  (photo originale)



**Figure21.** Observation microscopique de coloration de Gram des ASR échantillon 5  $G\times 10$ (photo originale)



**Figure22.**Résultats positive de test catalase d'Anaérobies sulfito-Réducteurs(photo originale).

Nos résultats ne répondent pas aux normes du Journal Officiel.

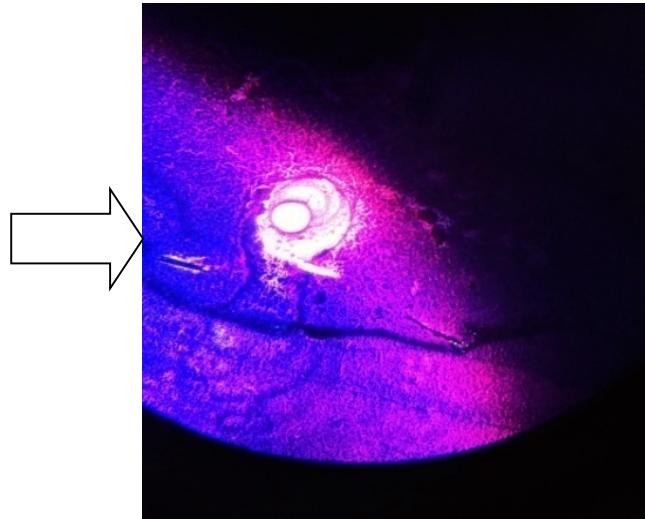
Ainsi **Rodier,(2009)** indique que la présence *Clostridium* dans l'eau d'irrigation est preuve d'existence de contamination fécale. La forme spore, bien plus résistante que les formes végétatives des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux, faciliterait donc la détection d'une contamination fécale ancienne ou sporadique. Sans s'attarder sur l'importance véritable d'une telle mention de la date de contamination, il est impératif de reconnaître que même si les *Clostridium* sulfito-réducteurs peuvent indéniablement être des microorganismes fécaux, ils peuvent aussi être des germes du sol. Par conséquent, on ne peut déduire aucune origine spécifique liée aux excréments de leur présence.

#### IV.1.6.*Salmonella*

Les résultats concernant la recherche des salmonelles dans les eaux d'analyse ont révélé leur présence dans les échantillons 2,5 et 6 ; les salmonelles se présentent sous formes des colonies de couleur gris bleu à centre noir (Figure 23à28).



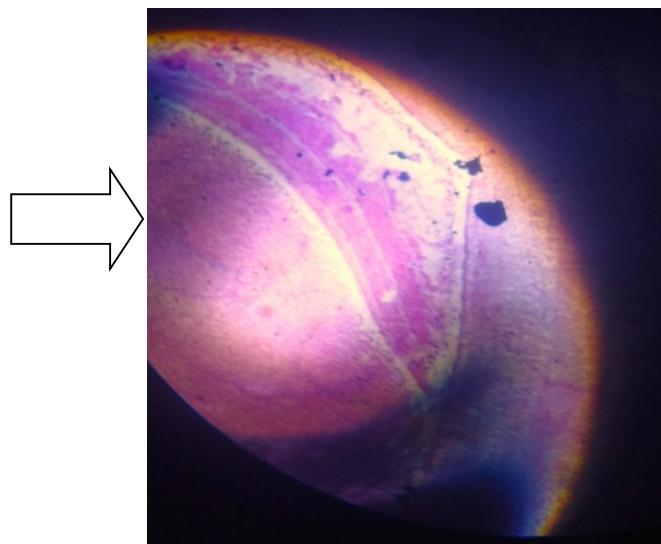
**Figure23.** Résultats positive des colonies *Salmonella* Ech 2(photo originale).



**Figure24 .**Observation microscopique de coloration de Gram des *Salmonella* Ech 2 . G $\times$ 10(photo originale).



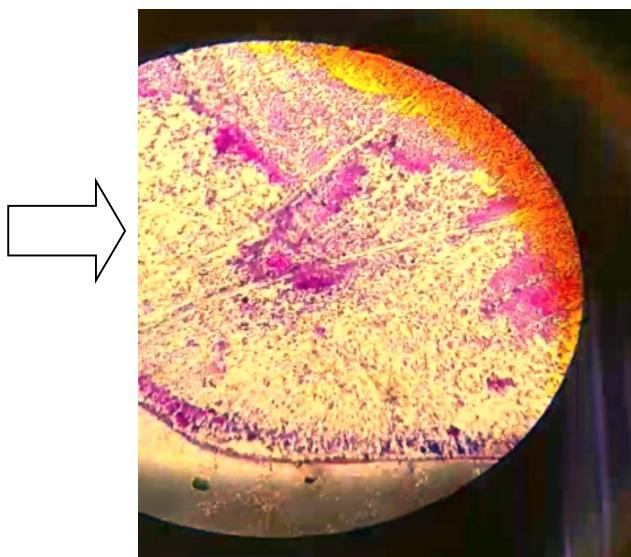
**Figure25.**Résultats positive des colonies *Salmonella* Ech 5(photo originale).



**Figure26.** Observation microscopique de coloration de Gram des *Salmonella* Ech 5. G $\times$ 10(photo originale).

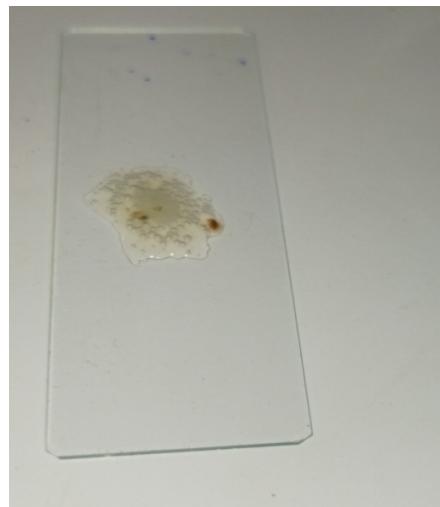


**Figure 27.** Résultats positive des colonies *Salmonella* Ech 6(photo originale).



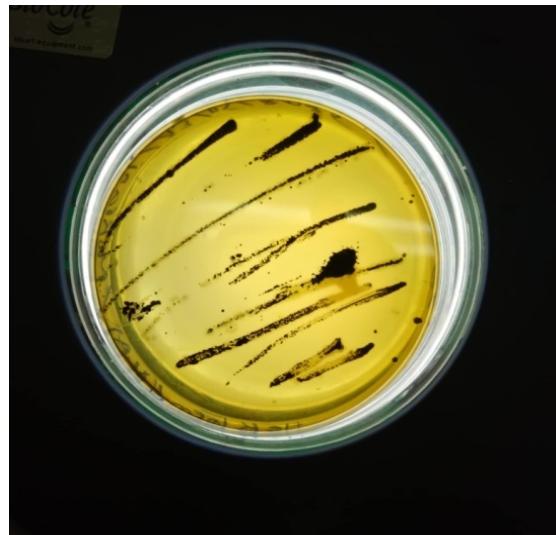
**Figure 28.** Observation microscopique de coloration de Gram des *Salmonella* Ech 6.  $G \times 10$ (photo originale).

Pour nous assurer de son existence, nous avons fait identification biochimique (coloration Gram, état frais et test catalase).



**Figure 29.** Résultat positive de test catalase de *Salmonella*

- Après enrichissement sur milieu Sélénite en tubes et isolement sur gélose Hektoen (Figure 33).



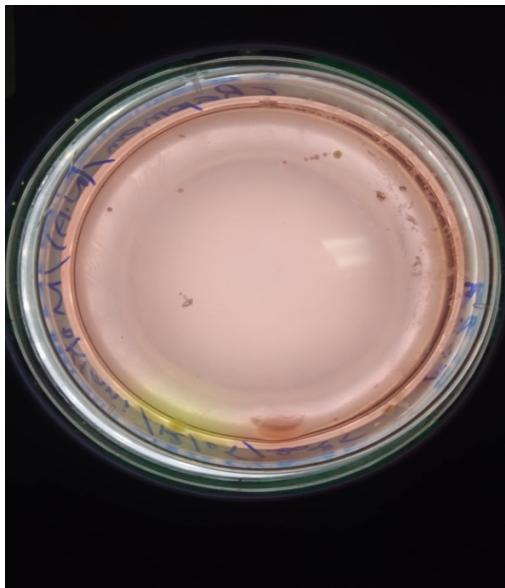
**Figure 30.**Résultats positive *Salmonella* après isolement au milieu Hektoen Ech 6(photo originale).

Nos résultats ne répondent pas aux normes du Journal Officiel .

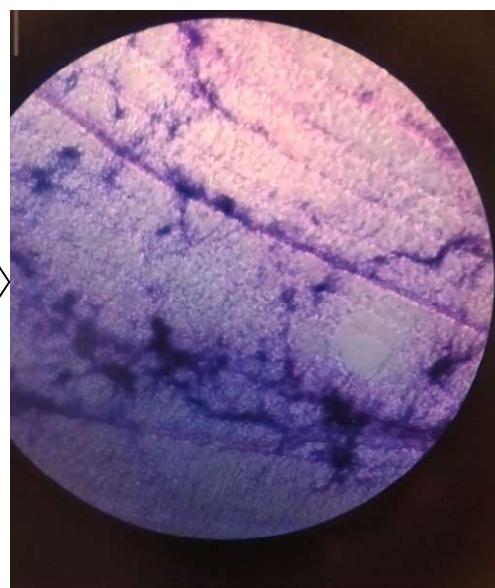
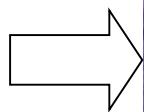
En cas de présence *salmonella* dans l'eau d'irrigation ceci s'explique par les conclusions selon (**Koffi-Nevry et al.,2012**)présence salmonella des eaux d'irrigation pourrait être due à l'insalubrité des lieux de cultures, situés non loin de dépôts d'ordures ménagères et des caniveaux.

#### **IV.1.7. *Staphylococcus aureus***

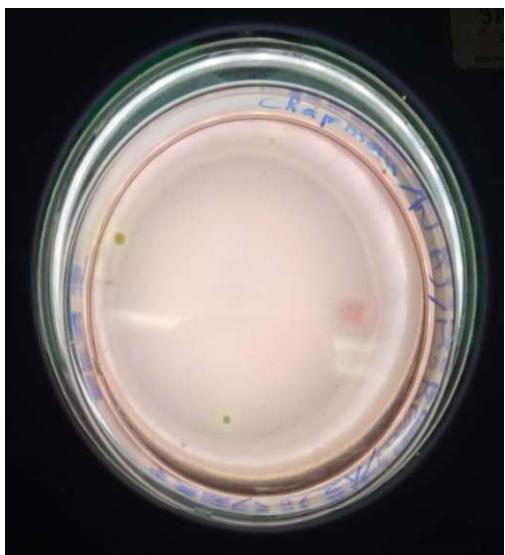
Après 48 heures d'incubation à 37°C, et après avoir réalisé les tests sur les staphylocoques nous ont permis d'identifier des *Staphylococcus* pathogènes (*Staphylococcus aureus*) on a remarqué des colonie jaunes dans les échantillon 1 , 2 , 3 ,4 et 6 (Figure 31 à 40).



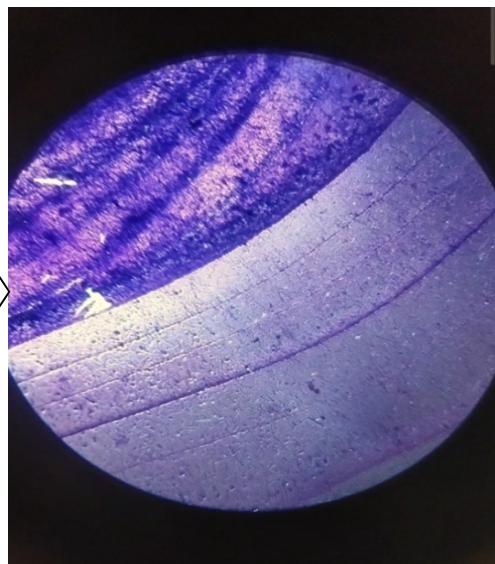
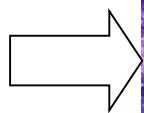
**Figure31.**Résultats positive des colonies *Staphylococcus aureus* Ech (photo originale).



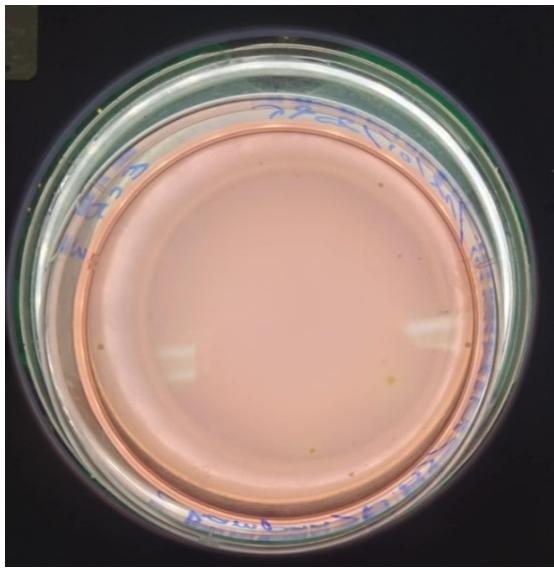
**Figure32.**Observation microscopique de coloration de Gram des *Staphylococcus aureus* Ech 1. G $\times$ 10(photo originale).



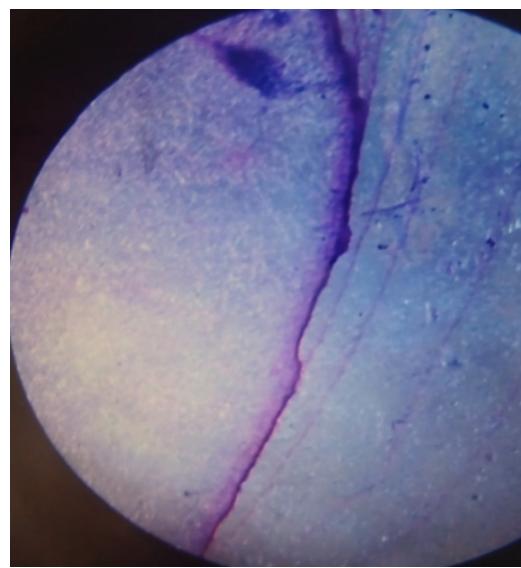
**Figure33.** Résultats positive des colonies *Staphylococcus aureus* Ech 2(photo originale).



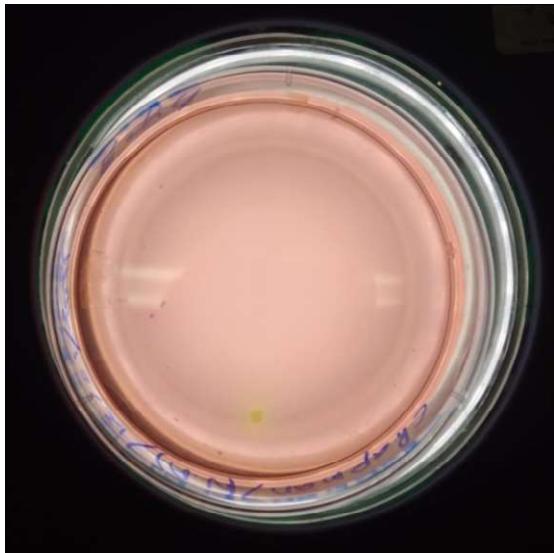
**Figure34.** Observation microscopique des coloration de Gram *Staphylococcus aureus* Ech 2. G $\times$ 10(photo originale).



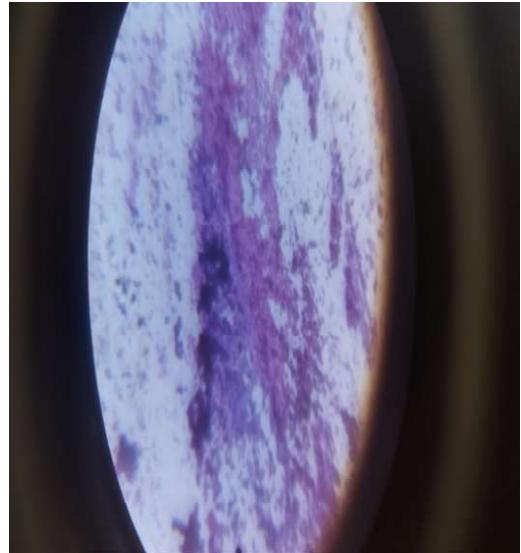
**Figure35.** Résultats positive des colonies *Staphylococcus aureus* Ech 3(photo originale)



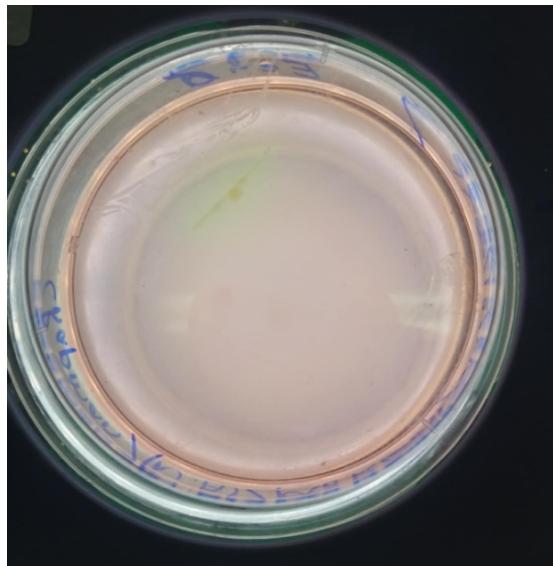
**Figure36.** Observation microscopique des coloration de Gram *Staphylococcus aureus* Ech 3 . G  $\times$ 10(photo originale).



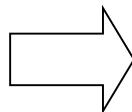
**Figure37.** Résultats positive des colonies *Staphylococcus aureus* Ech 4 (photo originale)



**Figure38.** Observation microscopique de la coloration de Gram *Staphylococcus aureus* Ech 4.G  $\times$  10(photo originale)



**Figure39.**Résultats positive des colonies *staphylococcus aureus* Ech 6(photo originale).



**Figure40.** Observation microscopique de la coloration de Gram *Staphylococcus aureus* Ech 6 .  $\times 10$ (photo originale).

Pour nous assurer de son existence, nous avons fait une identification biochimique (coloration Gram, état frais et test catalase) (Figure 41).



**Figure41.** Résultats positive de test catalase de *Staphylococcus aureus*(photo originale).

Nos résultats ne sont pas cohérents avec les interprétations (**Lauren et al.,2014**). Bien qu'ils aient constaté une absence de bactéries, peut-être en raison de différences de situation géographique et de climat, cela a été expliqué dans le cas de leur présence. *Staphylococcus aureus* dans l'eau

d'irrigation peut être due à plusieurs sources de contamination, souvent liées à des rejets d'origine humaine ou animale. Voici les principales causes :

-Contamination fécale : *S. aureus* peut être introduit dans l'eau par des rejets d'eaux usées non traitées ou insuffisamment traitées, provenant .

-Eaux usées domestiques ou hospitalières (portage nasal et cutané chez l'humain).

-Déjections animales (élevages, notamment et bovins, où *S. aureus* est fréquent).

#### IV.2.Résultats et discussion des analyses physico-chimiques de l'eau

Les résultats des analyses physiques chimiques de 6 forages de la zone de Sidi Okba sont présentes dans le tableau N°10.

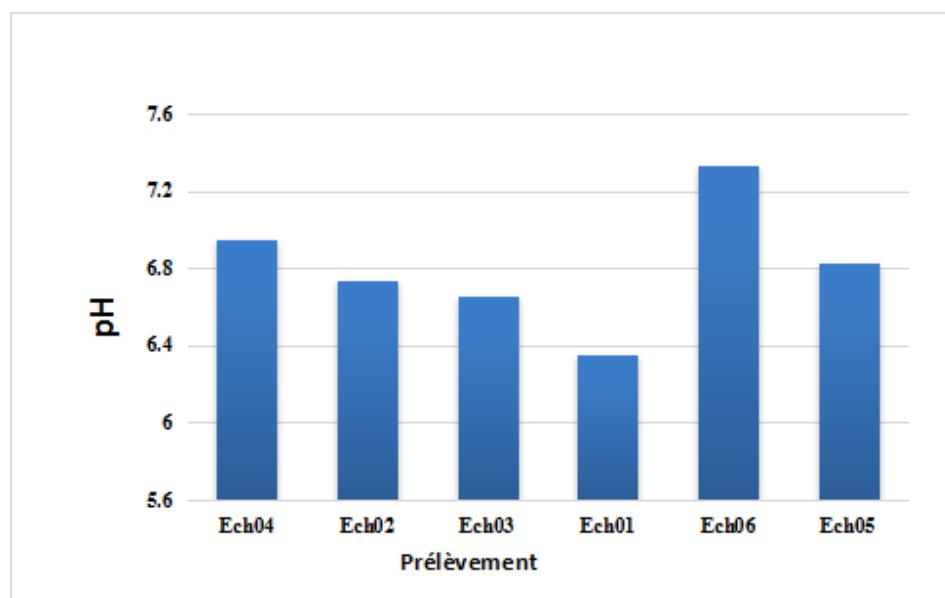
**Tableau 10.** Tableau récapitulatif des analyses physico-chimique des eaux de forages.

Forage \ paramètres	Ech 1	Ech 2	Ech 3	Ech 4	Ech 5	Ech 6
pH(mg/l)	6.35	6.74	6.66	6.95	6.83	7.33
Sal(mg/l)	2	1.5	2.2	1.2	1.8	1.7
TDS(mg/l)	2080	1460	2228	1170	1780	1680
Cond(mS/cm)	4000	2920	4560	2380	3670	3360
TH(mg/l)	1490	1020	1150	930	1410	820
Ca <sup>+2</sup> (mg/l)	368	288	313	90180	356	264
Mg <sup>+2</sup> (mg/l)	138	73	90	116	126	93
NO <sub>2</sub> (mg/l)	0.03	0.13	0.05	0.22	0.2	0.23
NH <sub>4</sub> (mg/l)	0.85	0.63	0.44	0.75	1.2	0.56
TAC(mg/l)	330	300	360	390	312	342
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	315.98	235	252.54	252	291.58	248.88
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	921.778	850.872	1276.308	744.513	1169.949	992.684
SO <sub>4</sub> (mg/l)	118	145	157.8	99	128	98
NO <sub>3</sub> (mg/l)	85	56	62	52	68	25
R,SEC	1620	1500	1250	1300	1520	1800

#### IV.2.1.Potentiel d'hydrogène (pH)

Les valeurs des pH relevées dans nos forages varient entre 6.35 et 7.33 montrent que presque toutes les eaux de forages se trouvent dans l'intervalle de norme de l'irrigation (6.5 - 9) selon **Ayers et Westcot (1994)**. donc les échantillons d'eaux d'irrigation sont homogènes. Les valeurs de pH les plus élevées sont enregistrés dans Ech 6, et les plus faibles avec l'Ech 1 (Figure42).

En comparaison, l'étude de référence sur les eaux de drainage(**Benakcha,2024**) présente un intervalle de pH légèrement plus large (6.38 - 8.39) avec une moyenne de 7.8, confirmant également sa conformité aux normes **d'Ayers ,Westcot (1994)** (valeurs constamment inférieures à 8.5). Les deux types d'eaux montrent un degré élevé d'homogénéité des valeurs de pH. Mais Les eaux de forage de notre étude se caractérisent par un intervalle plus étroit et moins alcalin (maximum 7.33) par rapport aux eaux de drainage (maximum 8.39). Les eaux de drainage ont une tendance plus prononcée à être légèrement alcalines tandis que nos eaux de forage sont plus proches de la neutralité.ces valeurs de pH des 6 forages ne posent pas de problème de colmottage, car ils sont en concordance avec les normes de Canada(**Maynard et Hochmuth,1997**). ainsi ils décrivent que le problèmes se pose à partir de pH 7.



**Figure42.** Variation des pH d'eau d'irrigation dans 6 d'échantillons.

#### IV.2.2 .Minéralisation :

Les valeurs de conductivité électrique de nos eaux d'irrigation varient entre 2380 et 4000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , avec une moyenne de 3481,67  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Ces eaux sont généralement très salées et dépassent la valeur maximale admissible fixée par la FAO (1996), établie à 3000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . En outre, les valeurs de conductivité électrique les plus élevées ont été enregistrées au niveau de l'échantillon Ech (3), tandis que les plus faibles l'ont été pour l'échantillon Ech (4) de notre zone d'étude(Figure43). Comparativement à une d'étude similaire sur la conductivité électrique des eaux de drainage menée dans une zone proche par Benakcha (2024), les résultats de notre étude montrent que nos d'eaux malgré leur salinité élevée et le dépassement de la norme admissible de la FAO (3000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), restent significativement moins salines que les eaux de drainage de cette étude de référence. En effet, Benakcha (2024) a enregistré des valeurs comprises entre 3990 et 8190  $\mu\text{S}/\text{cm}$  avec une moyenne de 6595  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Ceci indique que le processus d'irrigation contribue de manière significative à L'augmentation de la salinité du sol et des eaux de drainage après application, reflétant l'accumulation des sels dans le système.

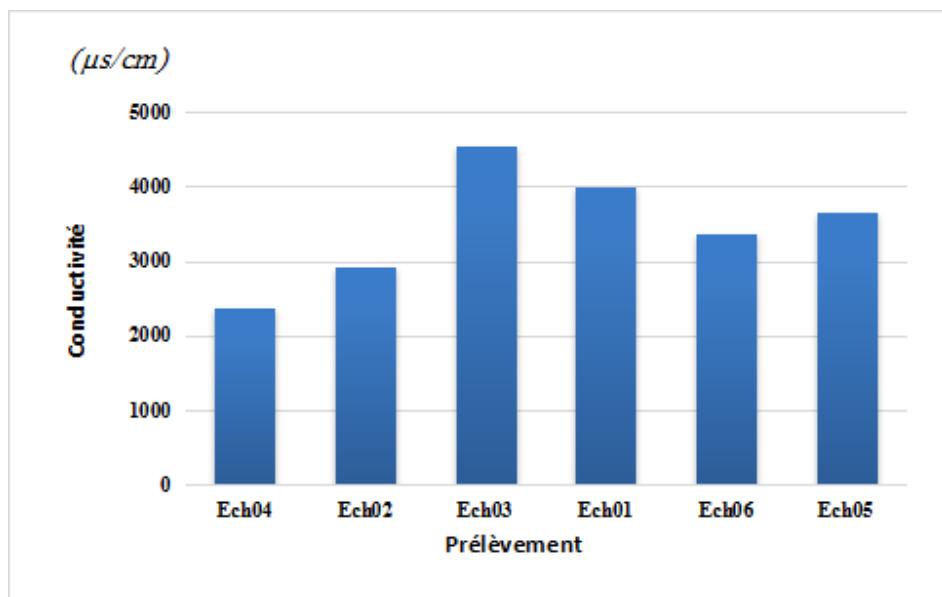
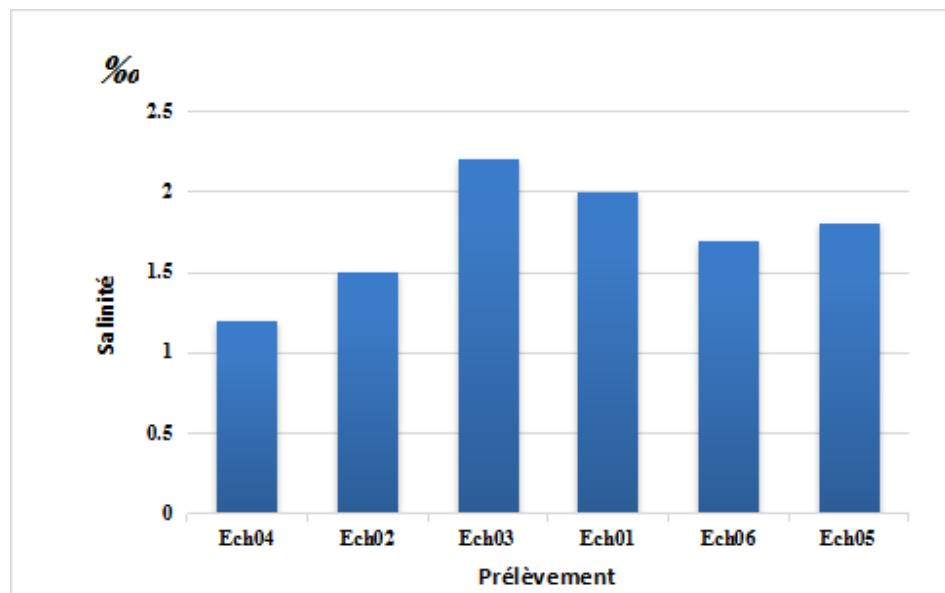


Figure 43. Variation de conductivité électrique d'eau d'irrigation dans 6 d'échantillons .

#### IV.2.3. La salinité

Dans notre étude, le paramètre de salinité des échantillons d'eau a été mesuré, révélant une variation notable des valeurs entre 1,2 % et 2,2 %, avec une moyenne de 1,73 %. Ces résultats sont en accord avec le principe mentionné dans la référence(Aouissi,2010), qui stipule

que la salinité est proportionnelle à la conductivité, et sa variation suit la même allure .En effet, nos propres mesures de conductivité, illustrées dans la Figure 44, montrent des valeurs généralement élevées, ce qui confirme notre observation d'une forte minéralisation des eaux étudiées. Les niveaux de salinité très élevés enregistrés dans notre étude confirment cette minéralisation élevée. Ces concentrations élevées en salinité affectent considérablement la qualité de l'eau et son aptitude à diverses utilisations. Même pour la plupart des utilisations d'irrigation agricole, ces valeurs sont problématiques. Cela suggère que les eaux étudiées sont fortement salines, ce qui nécessite une étude approfondie des sources potentielles de cette salinité et une évaluation précise de ses impacts environnementaux et économiques sur la région, ainsi que la nécessité potentielle d'un traitement préalable avant toute utilisation proposée, ses résultats sont en accord avec ceux rapportés par (Reggan et al.,2015).

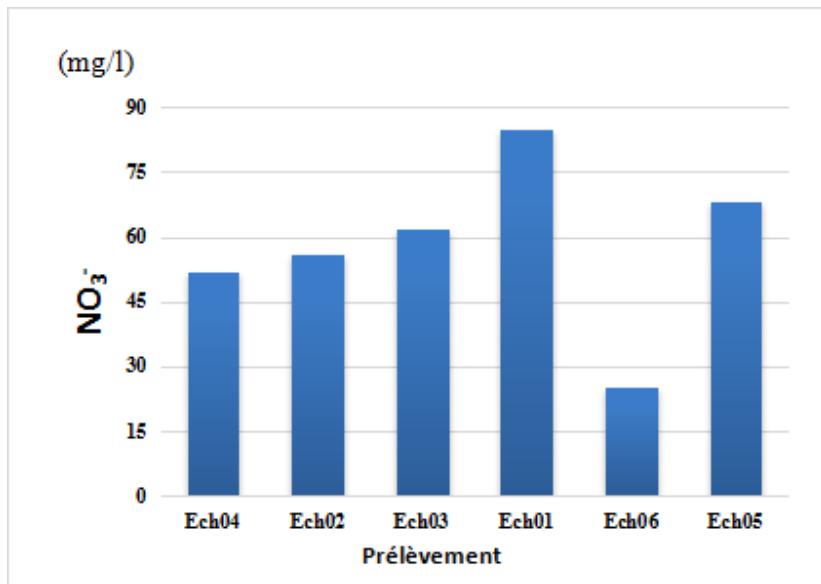


**Figure 44.** Variation de salinité d'eau d'irrigation dans 6 d'échantillons.

#### IV.2.4. Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

La teneur en nitrates dans nos échantillons varie de 25 à 85 mg/L, avec une moyenne de 58 mg/L.Nous remarquons ainsi que la majorité des échantillons d'eau d'irrigation présentent des valeur supérieures à la valeur admissible fixée par la F.A.O (1996), qui est de 10 mg/L. Les valeurs les plus élevées ont été enregistrées à l'échantillon Ech (1), tandis que les plus faibles l'ont été à l'échantillon Ech (6) de notre zone d'étude. En comparant les résultats de nitrates de

notre étude avec ceux d'une autre étude portant sur les nitrates dans les eaux de drainage (**Benakcha,2024**) (variant de 0,6 à 75,3 mg/L, avec une moyenne de 23 mg/L), il est clair que les concentrations de nitrates dans nos eaux d'irrigation sont nettement plus élevées que la moyenne des eaux de drainage de l'étude de référence (**Benakcha, 2024**). Alors que tous nos échantillons ont dépassé la limite admissible de la FAO (10 mg/L), seulement 84% des échantillons d'eaux de drainage de l'autre étude (**Benakcha, 2024**) ont dépassé cette même limite. Cela suggère que la source de contamination en nitrates dans notre région pourrait être directement liée à la source de l'eau d'irrigation ou à une pollution intense avant même l'utilisation de l'eau pour l'irrigation, contrairement à l'autre étude qui se concentre sur la pollution résultant d'une activité agricole intensive après les opérations d'irrigation.

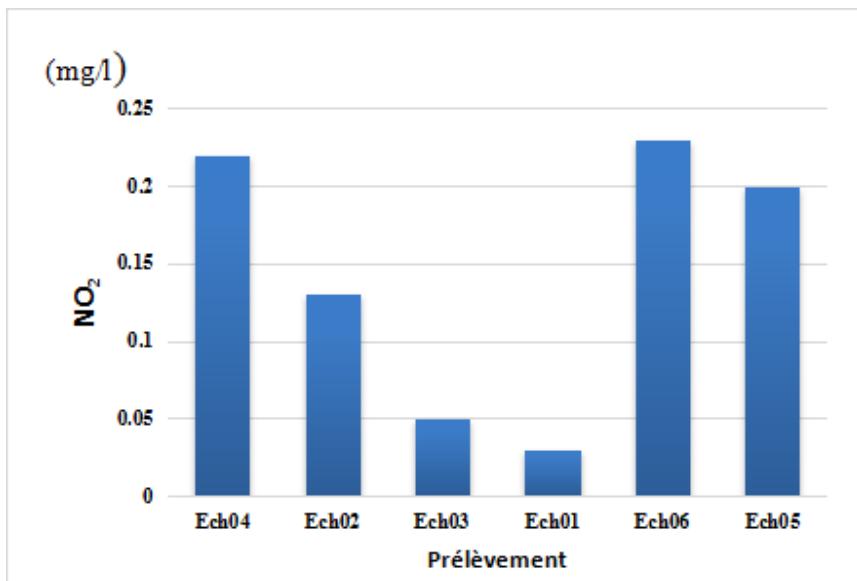


**Figure45.** Variation de nitrate d'eau d'irrigation dans 6 d'échantillons.

#### IV.2.5. Nitrites

Considéré comme un élément toxique, le nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ) est la forme la moins stable dans le cycle de L'azote. Il est issu de la réduction de l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) et son origine est liée à l'agriculture ainsi qu'aux rejets urbains et industriels. Dans notre étude, les mesures des nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) réalisées sur nos6 échantillons d'eau de drainage ont montré une plage allant de 0,03 mg/L à 0,23 mg/L, avec une moyenne de 0,14 mg/L. Les valeurs moyennes de tous nos puits et sources sont généralement peu importantes et ne dépassent pas les normes requises. Ces niveaux sont probablement dus à l'infiltration des eaux des oueds vers la nappe. En comparaison, une étude

similaire menée dans le bassin de Guelma par **Aouissi (2010)** a également rapporté des teneurs en nitrites faibles dans les eaux. Ceci suggère une tendance générale à de faibles concentrations de nitrites dans les eaux souterraines de ces régions, potentiellement en raison de la nature instable du nitrite ou de conditions environnementales qui favorisent sa transformation rapide.

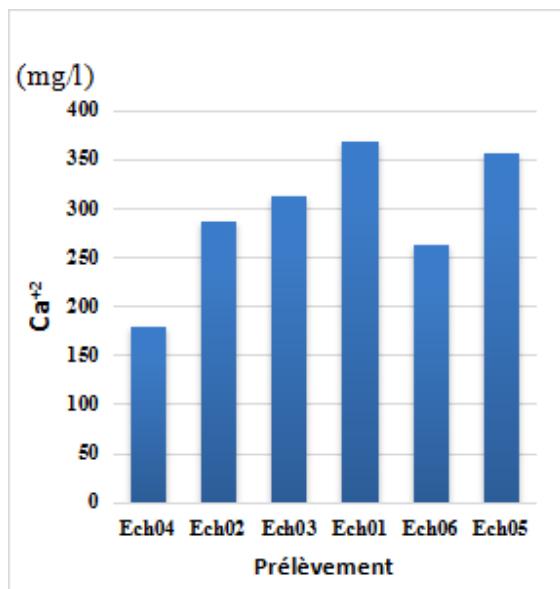


**Figure 46.** Variation de nitrite d'eau d'irrigation dans 6 d'échantillons

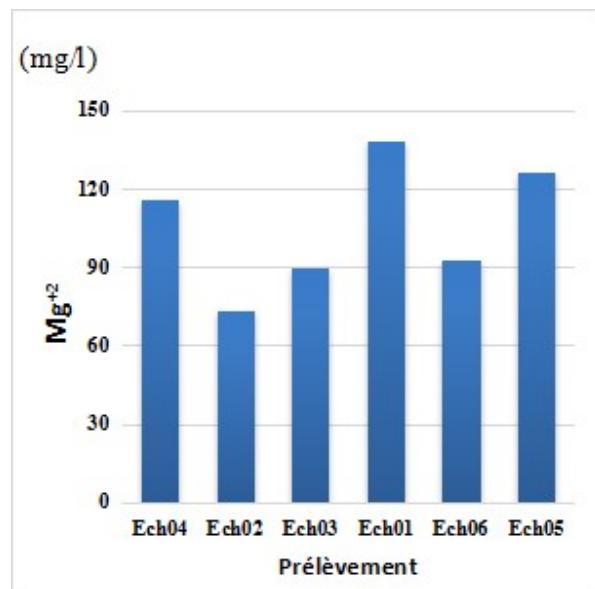
#### IV.2.6. Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ )

Les analyses des cations majeurs dans les eaux d'irrigation révèlent que les concentrations de magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) varient entre 7,3 et 138 mg/L avec une moyenne de 106 mg/L, tous nos échantillons ont dépassé la limite normale fixée à 60 mg/L pour l'irrigation. Quant au calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), les concentrations ont fluctué entre 180 et 368 mg/L avec une valeur moyenne de 294,83 mg/L. Les résultats indiquent que la majorité de nos échantillons de calcium ont dépassé la valeur maximale admissible pour l'irrigation, fixée à 400 mg/L selon **Ayers et Westcot (1994)**. Ces concentrations élevées en magnésium risquent tout fois d'altérer la qualité des sols et la viabilité de l'eau pour une utilisation agricole à long terme. En comparant les résultats de notre étude sur les eaux d'irrigation avec une étude similaire sur les eaux de drainage menée par (**Benakcha, 2024**), il est évident que les concentrations de calcium et de magnésium dans les eaux de drainage (moyenne  $\text{Ca}^{2+}$  : 565 mg/L ; moyenne  $\text{Mg}^{2+}$  : 586 mg/L) sont nettement supérieures à celles observées dans nos eaux d'irrigation (moyenne  $\text{Ca}^{2+}$  : 294,83 mg/L ; moyenne  $\text{Mg}^{2+}$  : 106 mg/L). Bien que nos eaux d'irrigation présentent déjà des niveaux élevés de magnésium qui

dépassent les normes recommandées, les concentrations de ces cations augmentent considérablement dans les eaux de drainage de (Benakcha, 2024). Ceci confirme le processus d'accumulation des sels et des minéraux au cours du cycle hydrologique dans les zones agricoles, et indique une dégradation encore plus prononcée de la qualité de l'eau après son utilisation Pour l'irrigation.



**Figure47.** Variation de calcium d'eau d'irrigation dans 6 d'échantillons



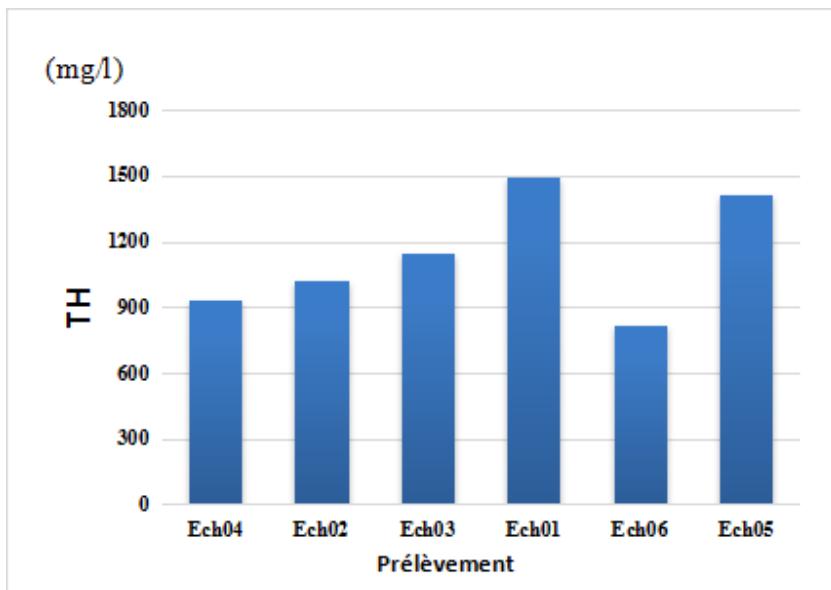
**Figure48.** Variation de magnésium d'eau d'irrigation dans 6 d'échantillons

#### IV.2.7.La dureté

Dans la zone de Sidi Okba, les valeurs de dureté totale de nos échantillons oscillent entre 820 et 1490 mg/L. Tous les points d'eau analysés par notre étude présentent des eaux très dures. Ces valeurs dépassent largement les limites fixées par l'OMS, qui recommande inférieures à 30 °F (ce qui équivaut à 300 mg/L).

En revanche, l'étude similaire menée dans le bassin de Guelma par (Aouissi, 2010) montre des résultats comparables en termes d'élévation de la dureté. Les résultats obtenus là-bas indiquent que les eaux étudiées présentent une dureté élevée, avec des valeurs oscillant entre 13 ° F et 50 ° F. La différence des valeurs de dureté entre Sidi Okba et Guelma est probablement due aux variations de la géologie locale de chaque région, et plus précisément à l'abondance et au type de roches riches en calcium et magnésium (comme le calcaire et le gypse) qui entrent en contact

avec les eaux souterraines à Sidi Okba de manière plus significative ou à des concentrations plus élevées. Bien que l'eau dure soit considérée comme potable sur le plan sanitaire, ses niveaux élevés dans les deux régions peuvent entraîner des problèmes pratiques tels que l'entartrage et nécessitent un traitement supplémentaire.

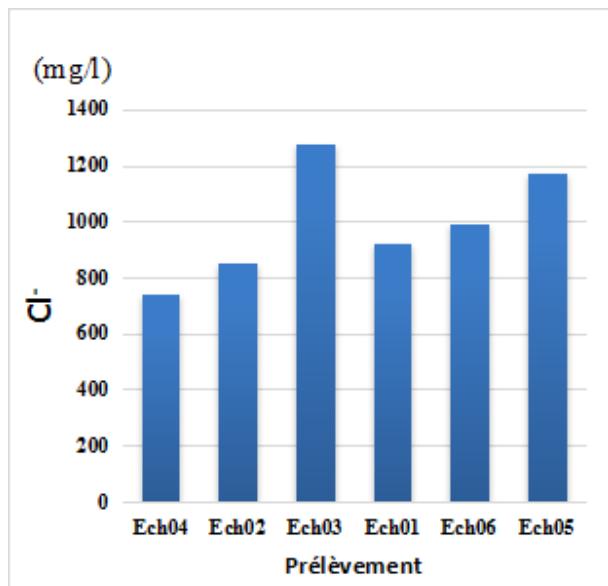


**Figure 49.** Variation de Dureté d'eau d'irrigation dans 6 d'échantillons.

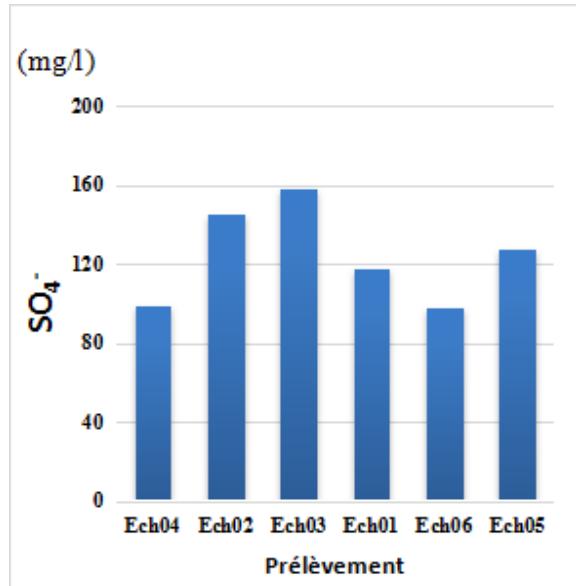
#### IV.2.8.Sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) et Chlorure ( $\text{Cl}^-$ )

Notre étude révèle des concentrations de sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) allant de 98 à 157,8 mg/L, toutes conformes à la norme de 960 mg/L **d'Ayres Wescot**. Pour les chlorures ( $\text{Cl}^-$ ), les concentrations varient de 744,513 à 1276,5 mg/L, avec les points 3 et 5 dépassant la norme de 1063 mg/L de **Ayres Wescott**. En comparaison, une autre étude menée par **Benakcha (2024)** présente des plages déconcentrations bien plus élevées pour les chlorures (2200 à 4412 mg/L) et les sulfates (1380 à 6000 mg/L), avec des moyennes significativement supérieures (3314 mg/L pour les chlorures et 4434 mg/L pour les sulfates). Cette seconde étude conclut que l'eau usée analysée dans leur région dépasse largement les limites de sécurité et est impropre à l'irrigation, aucun de leurs échantillons ne respectant les normes **d'Ayers Westcot (1994)** (1063 mg/L pour les chlorures et 960 mg/L pour les sulfates). Ce contraste marqué dans la qualité de l'eau suggère que l'eau de la deuxième étude est significativement plus altérée, rendant son utilisation agricole dangereuse. Cette dégradation est attribuée aux activités agricoles, aux formations géologiques (roches riches en gypse) et à l'utilisation de pesticides, ce qui confirme l'impact des activités

anthropiques sur la détérioration de la qualité de l'eau, comme l'ont également souligné des études antérieures(Akillet al.,2014)(Al Qawati,2015)(Amamra et Khanchoul,2019).



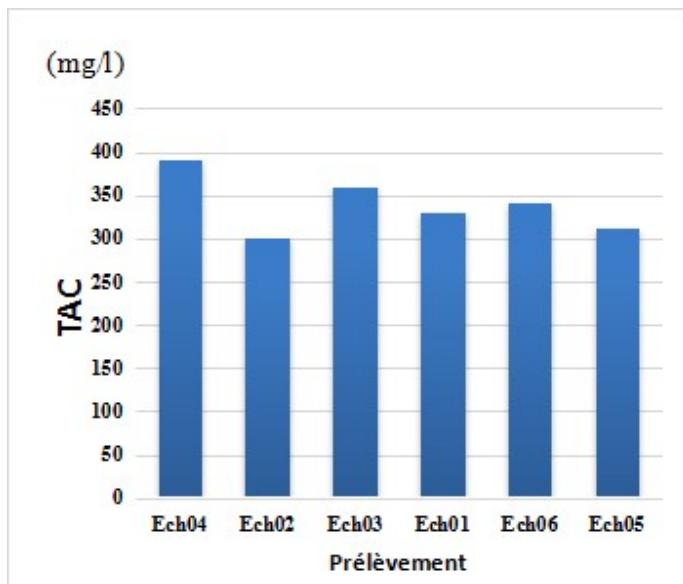
**Figure50.** Variation de chlorure d'eau d'irrigation dans 6 d'échantillons



**Figure 51.** Variation de sulfates d'eau d'irrigation dans 6 d'échantillons

#### IV.2.9.Titre alcalinimétrique complet

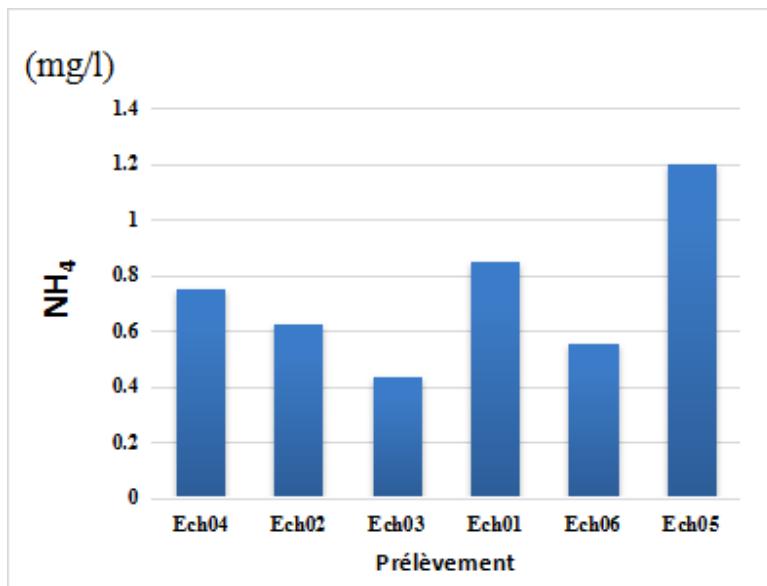
Les eaux de notre étude dans la zone de Sidi Okba présentent des valeurs de Titre Alcalin métrique Complet (TAC) oscillant entre 300 et 390 mg/L. Ces valeurs se situent dans la limite mentionnée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) pour les eaux destinées à la consommation humaine (inférieures à 50 °F, soit 500 mg/L). Cependant, ces niveaux sont plus élevés que les valeurs moyennes enregistrées dans l'étude similaire menée dans le bassin de Guelma par **Aouissi (2010)**, où les valeurs de TAC varient entre 23 et 28 degrés français (soit 230-280 mg/L). Cela indique que les eaux de Sidi Okba ont une alcalinité légèrement plus élevée que celles du bassin de Guelma, mais restent néanmoins dans la fourchette des normes acceptables pour la consommation humaine en termes de TAC.



**Figure 52.** Variation des TAC d'eau d'irrigation dans 6 d'échantillons.

#### IV.2.10.Ammonium

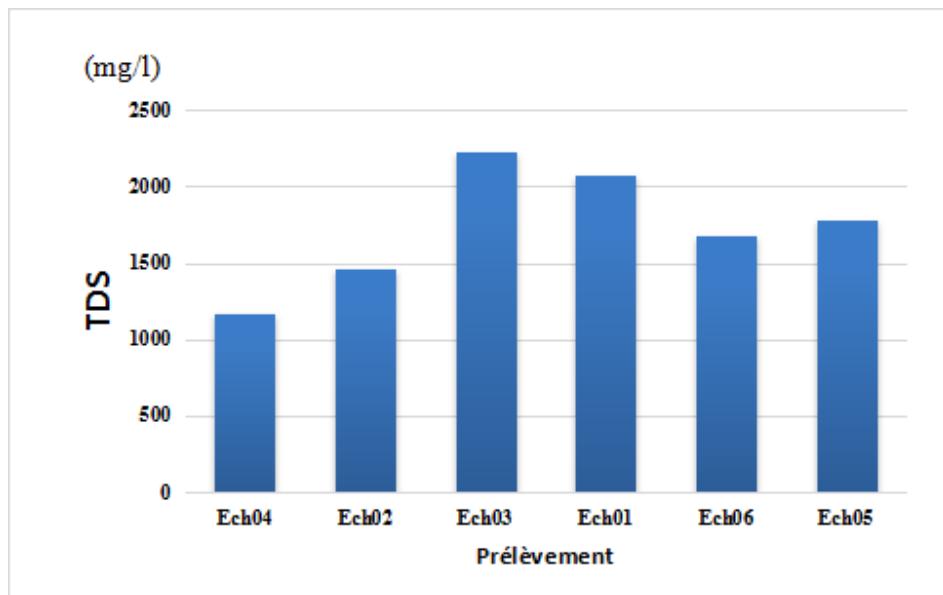
Les mesures d'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) de nos 6 échantillons d'eau de forage ont montré une plage allant de 0,44 mg/L à 1,2 mg/L, avec une moyenne de 0,74 mg/L. Nos échantillons d'eau de forage sont 100% inférieurs à la norme établie par **Ayers et Westcot (1985)** de 5mg/L. En comparant les étude **Benakcha (2024)**, une situation radicalement différente et plus préoccupante est révélée. Il est rapporté que 100% des 48 échantillons d'eaux de drainage de l'étude de **Benakcha (2024)** ont largement dépassé la même norme, avec une plage allant de 22,7mg/L à 58 mg/L, et une concentration moyenne de 45 mg/L. Cela indique clairement que la deuxième étude met en évidence un niveau de pollution par l'ammonium dans les eaux de drainage bien plus élevé et plus généralisé que ce que suggèrent les résultats de notre étude. **Benakcha (2024)** précise également que cette pollution est principalement liée aux activités agricoles et à la dégradation des matières organiques azotées.



**Figure 53.** Variation d'Ammonium d'eau d'irrigation dans 6 d'échantillons

#### IV.2.11.Solides totaux dissous (TDS)

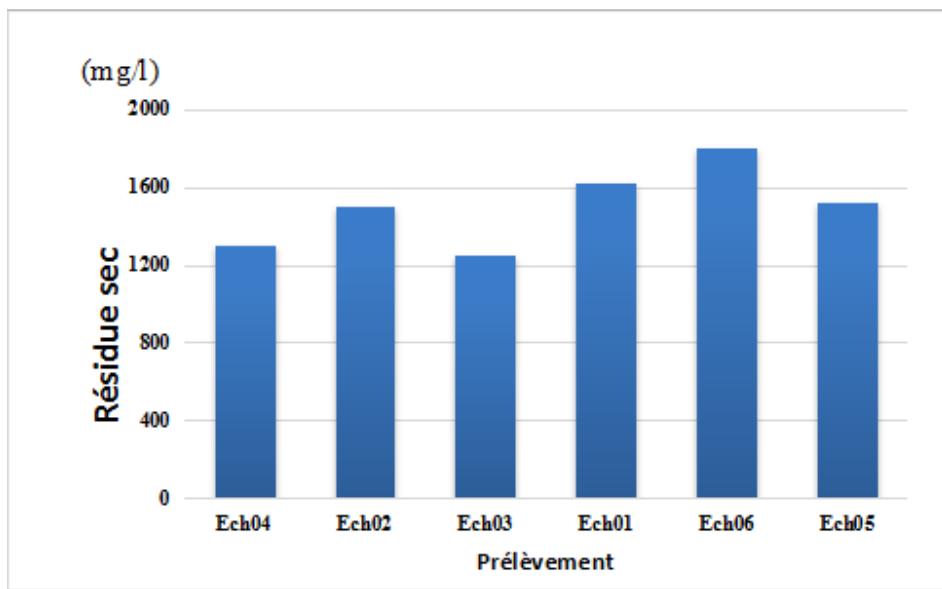
Les solides totaux dissous (TDS) dans nos échantillons d'eau de la zone d'étude affichent une gamme allant de 1170 mg/L à 2228 mg/L, avec une valeur moyenne de 1733 mg/L. Tous les échantillons, à l'exception d'Ech1 (2080 mg/L) et Ech3 (2228 mg/L), présentent des niveaux de TDS inférieurs au seuil de 2000 mg/L. Cependant, les échantillons qui dépassent ce seuil sont classés comme de l'eau saumâtre, selon la définition **d'Ayers et Westcot (1994)**. Cette constatation souligne l'impact significatif des activités agricoles et industrielles étendues dans la région sur la qualité de l'eau de drainage (**Panaskar et al, 2016**). En comparaison, dans une autre étude menée dans une région proche par **Benakcha (2024)**, des valeurs de TDS nettement plus élevées ont été affichées, variant de 6922 mg/L à 13657 mg/L, avec une valeur moyenne de 10876 mg/L. Cette grande disparité dans les concentrations illustre la variabilité considérable des degrés de salinité que les sources d'eau peuvent rencontrer, nécessitant une analyse plus approfondie pour identifier les sources et les mécanismes responsables de ces différents niveaux de pollution.



**Figure 54.** Variation TDS d'eau d'irrigation dans 6 d'échantillons .

#### IV.2.12.Résidu sec

Le résidu sec est une mesure de la quantité de matières solides dissoutes dans l'eau après élimination de l'eau par évaporation et séchage. Il est considéré comme un indicateur principal du degré déminéralisation de l'eau et est largement utilisé dans sa classification. Dans notre étude, les valeurs de résidu sec (matières totales dissoutes) enregistrées ont varié entre 1250 et 1800 mg/L, avec un emoyenne de 1498,33 mg/L. Ces concentrations sont considérées comme élevées, ce qui indique une forte minéralisation de nos eaux. Comme la note **Boutouga (2012)**, la conductivité électrique est un bon indicateur du degré de minéralisation de l'eau, et des valeurs élevées de cette conductivité sont généralement associées à une forte minéralisation. Cette observation confirme le niveau élevé déminéralisation de nos eaux, ce qui pourrait avoir des implications significatives sur leur usage, notamment en termes de potabilité ou d'aptitude à l'irrigation, si des normes spécifiques sont dépassées.



**Figure 55.** Variation Résidu sec d'eau d'irrigation dans 6 d'échantillons .

### Discussion générale

L'analyse intégrale de la qualité des eaux d'irrigation à Sidi Okba révèle un profil complexe, marqué par des dégradations tant au niveau bactériologique que physico-chimique, dont les interactions mutuelles soulignent des enjeux environnementaux et sanitaires majeurs pour l'agriculture durable. Sur le plan bactériologique, les analyses mettent en évidence une contamination microbienne diffuse et préoccupante. Les dénombremens des Germes revivifia les à 22°C (1-58UFC/ml) et à 37°C (2-47 UFC/ml) dépassent fréquemment les seuils acceptables dans la majorité des échantillons, signalant une charge organique et microbienne générale. Bien que les Coliformes Fécaux soient dans les limites (1-2 UFC/ml), la détection de Coliformes Totaux (jusqu'à 160 UFC/ml dans Ech3), la présence de Streptocoques Fécaux dans la plupart des échantillons (1-24 UFC/ml, excepté Ech5), ainsi que la présence avérée des germes pathogènes comme *Salmonella* (Ech3, Ech5) et *Staphylococcus aureus* dans presque tous les échantillons (sauf Ech5), confirment une contamination fécale et potentiellement pathogène étendue, soulevant des risques sanitaires directs. La détection de Anaérobies Sulfito-Réducteurs (ASR) dans certains échantillons (Ech3, Ech5, Ech6) indique également une contamination fécale plus ancienne ou intermittente. Parallèlement, les caractéristiques physico-chimiques révèlent des contraintes additionnelles. Bien que le pH (6.35-7.33) soit généralement adapté à l'irrigation, la salinité est une limitation critique. Les valeurs de Conductivité Électrique (CE) (2380-4560

$\mu\text{S}/\text{cm}$ ) dépassent largement la norme FAO (3000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), confirmées par les niveaux élevés de Solides Dissous Totaux (TDS) ou Résidus Secs (1170-2228mg/l), signalant une eau fortement minéralisée. Cette salinité élevée, combinée à des concentrations importantes de Chlorures ( $\text{Cl}^-$ ) (744.513-1276.308 mg/l) et de Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) (25-85 mg/l, excédant significativement la norme de 10 mg/l), accroît les risques de toxicité végétale et d'accumulation de sels dans le sol. De plus, une Dureté Totale (TH) très élevée (820-1490 mg/l) due aux concentrations importantes de Magnésium, expose à des problèmes d'entartrage et de colmatage des systèmes d'irrigation. Les interférences et implications mutuelles entre ces paramètres sont particulièrement éclairantes. La minéralisation élevée (salinité, dureté) et la présence de nutriments(nitrate) sont souvent corrélées à l'origine de la contamination bactérienne. Cette relation suggère fortement une influence prépondérante des rejets anthropiques (eaux usées non traitées, ruissellement agricole) qui contribuent simultanément à l'augmentation des ions dissous et à l'introduction de micro-organismes pathogènes, créant un cercle vicieux de dégradation. L'ensemble de ces facteurs dégradants compromet sévèrement l'aptitude de ces eaux à l'irrigation, menaçant la durabilité agricole et la sécurité alimentaire dans la région. Les données convergent vers la nécessité impérieuse d'une gestion plus rigoureuse de cette ressource en eau pour atténuer les impacts négatifs observés.

# **Conclusion**

### Conclusion

La qualité de l'eau d'irrigation est un facteur crucial pour la durabilité de la production agricole et la sécurité alimentaire, en particulier dans les régions arides et semi-arides comme la zone de Sidi Okba dans la wilaya de Biskra. Cette étude a eu pour objectif d'évaluer de manière exhaustive les caractéristiques microbiologiques et physico-chimiques des eaux souterraines utilisées pour l'irrigation dans cette région.

Les principaux résultats de l'étude ont révélé une dégradation de la qualité de ces eaux. Sur le plan microbiologique, les analyses ont mis en évidence une contamination bactérienne manifeste, caractérisée par des dépassements des normes pour les dénombremens de Germes Revivifiables, et la confirmation de la présence d'indicateurs de contamination fécale tels que les Coliformes Totaux et les Streptocoques Fécaux, ainsi que la détection de bactéries pathogènes comme *Salmonella* et *Staphylococcus aureus* dans plusieurs échantillons. Cela suggère des risques sanitaires potentiels pour les manipulateurs d'eau et les consommateurs des produits irrigués. Sur le plan physico-chimique, les résultats ont montré que les eaux se caractérisent par une salinité et une dureté élevées, dépassant les normes recommandées pour l'irrigation, comme en témoignent les valeurs élevées de Conductivité Électrique (CE) et de Solides Dissous Totaux (TDS). Des niveaux élevés de nitrates et de chlorures ont également été observés, confirmant leur pollution par des nutriments et alertant sur une possible toxicité ionique pour les plantes. Ces eaux, de par leurs caractéristiques, sont classées dans la catégorie des eaux de qualité limitée pour l'irrigation. L'ensemble de ces résultats met en évidence une interaction et une influence mutuelle entre la contamination microbiologique et chimique des eaux, reflétant des sources de pollution communes souvent liées aux activités anthropiques et agricoles non réglementées. Cette qualité d'eau dégradée pose un défi majeur pour la durabilité de l'agriculture dans la région, menaçant la fertilité des sols et la productivité des cultures, en plus des impacts potentiels sur la santé.

Au vu de ces conclusions, cette étude recommande la nécessité d'adopter une stratégie globale et durable pour :

- La gestion des ressources en eau dans la région.
- Cela inclut un suivi régulier de la qualité de l'eau.
- La recherche des principales sources de pollution et l'élaboration de plans pour les réduire ou les traiter.

- L'étude de l'applicabilité de techniques de traitement efficaces et la sensibilisation des agriculteurs aux bonnes pratiques agricoles. Il est également suggéré de mener des études approfondies pour évaluer l'impact à long terme de ces eaux sur les propriétés du sol et les cultures.
- De rechercher la résistance des variétés locales à ces conditions hydriques difficiles, et
- Explorer des solutions innovantes pour renforcer la sécurité alimentaire et le développement durable dans la wilaya de Biskra

# Référence bibliographiques

## Bibliography

- Akill A.2014. Contribuation A l'evaluation de la qualite Physiquo-chimique de L'eau . Congo.
- Al Qawati M., Idrissi Y., Alemad A., Belhaili I., Marc I., Baichouti F., El kharrim K ., Belghyti D., (2015). Analyse et Controle de la qualité phisico-chimique des eaux soutérainne de la région Sidi Allall Tazi -Gharb-Maroc.
- Amamra A., Khanchoul K. (2019). Water Quality of the kebir Watershed,northeast of algeria. Journal Clean WAS
- Aouissi A. 2010. Microbiologie et physico-chimie de l'eau des puits et des sources de la région de Guelma. Thèse de doctora d'états ,universite du 08 mai 1945 ,Guelma,141p.
- Ayad W.,Kahoul M. (2016). Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de puits dans région d'El-Harrouch (N.H-Algérie). JMES, 7 (4) :1288-1297
- Ayerest R., Westcot D. 1994. Water quality for agriculture Rome (Italy) :Food and Agriculture Organisation ,irrigation and drainage ,p29.
- Baaissa A.,Benaissa B.,2007. Contribuation a l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux des de distribution de la ville de Biskra.Thèse de doctora d'états, Université Mohamed Khider, Biskra.
- Benakcha M.2024. Contribuation à l'étude et l'évaluation de la qualité physico-chimique et bacteriologique des eaux de drainage de la région de Zab EL-Gharbi W.de Biskra.Thèse de doctora d'états,Université Mohamed Khider, Biskra,159p.
- Benkhalil H., Bettebghor I. 2019. Etude de la qualité bactériologique à staphylococcus aureus des produits de la péche vendus dans les ports d'alger,Bouharoune et la Madrague. Memoir de Docteur Vétérinère d'états,Alger
- Bensalem M.2016. Chemical water pollution,Areview of causes,Effects and solution. international journal of environmental research and public health.
- Bouchemal F.,Bouchahm N.,Achour S. 2011. Qualité des eaux des nappe aquiferes de la région de biskra . Larhyss jornal
- Bouchemal, F. 2017. Diagonistic de la qualité des eaux soutteraines et superficielles de la région de biskra. Thèse de doctora d'états, Université Mohamed Khider, Biskra,142p.
- Boehm AB., Sassoubre LM .(2014). Enterococci as indicators of Environmental Fecal Contamination . Applied and Environmental Microbiologie.

- Boudoukha, A. (2017). Impact de la pollution urbaine sur les eaux de surface du Grand Constantinois. Thèse de doctorat d'états ,Université Mohamed Khider ,Biskra
- Chevallier . (2007). L'eau ,n'enjeu pour demain.Etat des lieux et perspectives.3<sup>ème</sup>édition, Sang de la terre. Paris
- Derradji M.,Souiki L.,Berrebbah H.,Djebar M. 2015. Spatiel and Temporal Variation of Raw Sewage of City of Annaba Major Discharge (Northeast ALGERIA). Iranica Journal of Energy and Environment, 127-133
- Dimane F., Haboubi K., Hanafi I., El Himri A .(2017). Impact des facteurs de pollution sur la qualité des eaux de la zone aval de la vallée de l'oued Nekor(AL-Hoceima,Maroc). European Scientific Journal,13(3), 44-60.
- Eloualilalami A.,Merzouki M., EL Hillali O., Maniar S., Ibsouda koraichi S. 2010. Pollution des eaux de surface de la ville de FES au Maroc. Larhyss Journal pp. 55-72
- Ferahtia.,A.,Halilat M.,Mimeche., Bensaci.,E. (2021). Surface water quality assessemnt in semi-arid region (el hodna watershed , Algeria) based on water qualité index. Studia Ubb Chemia, 66(1), 127– 142 .
- Flavien, D., Firmin, E., Clément, B., Wilfrid, A., Daouda, M., & Jean-Pierre, V. (2023). suivi des paramètre physico-chimiques de la rivière Agbado, exploitée pour l'approvisionnement en eau potable de la ville de Savalou au centre du Benin. Applied bioscinces, 19754p.
- Hammouche M., Kuper M .,Riaux, J., Leduc, C. (2017). Conjunctive use of surface and ground water resources in community managed irrigation system-the case of Sidi okba palm grove in the Algerian sahara. Agric water Manag. 193 :116–130.
- Hellal, A. 2019. Influence des facteurs controlant la reactivite des composes mineraux et organique azotes au cours de la chloration d'eau naturelle. Thèse de doctorat d'états ,Université Mohamed Khider ,Biskra
- Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et populaire,n°51. 2013. Algerie.
- Jean-Luc, H. (2021). La salinité de l'eau.5<sup>ème</sup> édition Offset,France
- Koffi-Nevry R., Judicaël A., Koussemon M. (2012). Origine des Témoin de contamination fécale de l'eau d'arrosage de la laitue cultivée dans la zone péri urbaine d'Abidjan. Journal of Applied Biosciences , 3589-3673
- La Willaya de Biskra. 2025.

- Labdi N. 2016. impact du barrage de Foum EL Gherza sur le développement de l'agriculture en irrigué dans le périmètre de Sidi okba.Thèse de doctorat d'états ,Université Mohamed Khider ,Biskra
- Laber S.,Djidel M.,Benslimane F.,Djemai R.,Djabri I.2014. Approche physico-biochimique pour le contrôle de la pollution des eaux de surface dans l'extrême Nord-Est Algérien . International Journal of EnvironmentWater,pp 52-60.
- Lahchache A., Boudjenah-Haroun S. Étude de la qualité chimique des eaux d'irrigation : Cas de la région de Ouargla [Communication poster]. Ressources et potentialités agrobiologiques des sols sahariens, Université Kasdi Merbah Ouargla, Algérie.
- Leminoir L.,Veron M.. (1989). Bactériologie Médicale. Flammarion Médecine Sciences. 845p
- Line(2017). Waterborne Pathogens:detection Methods and Challenges. Critical Reviews in Microbiology. 924-940
- Maoudo H., Ibrahima D., Momar N., Birame N., Cheikh T., Dame C., Abdoulaye, D. (2020). Etude comparative de la qualité physico-chimique des eaux de puits et de forage consommées dans la commune de Sinthiou Maléme dans la région de Tambacounda(Sénégal). International Journale of Biological and Chemical Science, 3404.
- Maynard D & Hochmuth G. (1997). Knott's Handbook for growers . Peterson,H.g.Water Quality Fact Sheet: irrigation and salinity, Agriculture et . Canada: Agriculture et Agroalimentaire Canada.
- Mboureau D. (2025). Proposition d'une méthodologie de surveillance et de diagnostic de l'eau douce (plans et cours d'eau)via une bouée intelligente. LARME ,pp : 7-15.
- Négrel P. (2014). Le cycle de l'eau de l'aération au souterrain. HAL open science, 8-14p.
- Nwaboor O.,Nnamonu I.,Martins E.,Ogonna C. (2016). Water and Waterborne Diseases:A Review.
- Organisation Mondiale de la Santé. 1986. Directives de Qualité pour L'eau de boisson. Vol. 2,Génève: Organisation Mondiale de la santé.
- Organisation Mondiale de la Santé. (1996). L'utilisation sans Risque des eaux usées,Des excreta et des eaux ménagères.
- Organisation Mondiale de la Santé. 2012.directives oms pour L'utilisation sans risque des eaux usées ,des excreta et des eaux ménagères. Volume 1.considérations d'ordre politique et réglementaire ,p .21-23.

- Organisation Mondiale de la Santé.2017.Directives sur la qualité de l'eau de boisson :Quatrième édition intégrant le première additif ,p.24.
- Ouro-Djeri H., Koudouvo K., Ayah M., Gnandi K., Tchacondo,T., Adadji, K. Gbeassor, M. (2023). Qualité physico-chimique des eaux de consommation utilisées dans les pratiques de la médecine traditionnelle au Togo . chemical science, 85-94.
- Qadir M., Sharma B., Bruggeman A., Choukr-Allah R., Karajeh F ,2007. Non-conventionale water resources and opportunities for water augmentation to achieve food security in water scarce countries.
- Reggan A., Bouchelaghem H., Houhamdi M. (2015). Qualité Physico-chimique des eaux de l'oued Seybouse (Nord-Est de L' Algérie):caractérisation et Analyse en Composantes Principale. 6 (5) :1417-1425
- Rey F., Fernandez S., Bénédictine R .(2023). Les solution pour répondre aux défis de la gestion de l'eau.
- Rodier J ., Legube B.,Merlet N. (2009). L'analyse de l'eau.9<sup>ème</sup> édition Paris: DUNOD.
- Rodier J. (2009). l'analyse de l'eau. Paris: DUNOD.
- Rotillon. (2022). L'eau de là-haut,commun d'ici-bas.
- Saad N. 2023. Ecologie de reproduction des population de tourtelle.Thèse de doctorat d'états ,Université Mohamed Khider ,Biskra.p.66
- Sawadogo B. 2018. Traitment des eaux usées industrielles par des procédés membranaires sous climat sahélien :cas des eaux usées de braisserie au Burkina Faso.
- Tieligounon, A., Kigbafori, D., Zéré, M., Lacina, C., Gouli, G. (2021). paramètre physico-chimiques des eaux du bassin du Haut-Bandama (côte d'Ivoire). reviste, 34.
- WHO. 2017. Guidelens for Drinkung-Water Quaity. World Health Organization.
- Youbi. 2020. Contribution à l'étude de la qualité des eaux d'irrigation des région Est.cas de Annaba .Thèse de doctorat d'états et El Taref. Université Badji Mokhtar ,Annaba.pp27-36

# **Annexe**

**Tableau1.** Exemples de dangers et de voies d'exposition associés à l'utilisation des eaux, des excréta et des eaux ménagères en agriculture et en aquaculture

Danger	Voie d'exposition	Observations
<b>Agents pathogènes liés aux excréta</b>  Bactéries ( <i>Escherichia coli</i> , <i>Vibrio cholerae</i> , <i>Salmonella spp.</i> , <i>Shigella spp.</i> )	Contact Consommation	Les bactéries meurent plus rapidement sur les cultures que certains autres agents pathogènes (comme les helminthes, par exemple), mais peuvent encore présenter un risque sanitaire. Des épidémies de choléra, de typhoïde et de dysenterie ont été associées à l'utilisation d'eaux usées, d'excreta ou d'eaux ménagères pour irriguer des légumes. Les agents pathogènes pouvant survivre dans l'environnement suffisamment longtemps pour présenter des risques sanitaires, la désinfection ou le lavage des produits et leur cuisson sont des mesures de protection sanitaire importantes.
Helminthes – Helminthes transmis par le sol ( <i>Ascaris</i> , <i>Ancylostoma</i> , <i>Necator</i> , <i>Hymenolepis</i> , <i>Strongyloides</i> , <i>Toxocara</i> , <i>Trichuris</i> , <i>Taenia spp.</i> )	Contact Consommation	Principal risque en agriculture, notamment lorsqu'on utilise des eaux usées et des excréta non traités et que les normes d'assainissement sont peu exigeantes. Les œufs peuvent survivre longtemps dans l'environnement. Les ankylostomiases ( <i>Ancylostoma duodenale</i> , <i>Necator americanus</i> ) sont courantes dans certaines zones où les agriculteurs ne portent ni chaussures, ni bottes adaptées.
– Trématodes ( <i>Clonorchis</i> ,	Contact	Principal risque en aquaculture, où l'on rencontre des parasites de type trématode. La distribution de ces parasites se limite à certaines aires géographiques. Certains trématodes sont transmis par la consommation d'aliments (notamment de poissons crus non transformés) ; la schistosomiase se répand par contact cutané avec de l'eau douce contaminée.

<i>Opisthorchis, Fasciola, Schistosoma spp.)</i>	Consommation	
Protozoaires ( <i>Giardia, Cyclospora, Cryptosporidium, Entamoeba spp.</i> )	Contact Consommation	Des protozoaires ont été trouvés sur des végétaux irrigués par des eaux usées au moment de la récolte et sur le marché. Ces organismes peuvent survivre dans l'environnement suffisamment longtemps pour représenter un risque sanitaire.
Virus (virus des hépatites A et E, adénovirus, rotavirus, norovirus)	Contact Consommation	Les virus sont présents en grand nombre dans les eaux usées et les excreta et certaines espèces peuvent survivre dans l'environnement suffisamment longtemps pour représenter un risque sanitaire. La contamination des cultures a provoqué des flambées épidémiques.
<b>Agents pathogènes à transmission vectorielle</b>  ( <i>Plasmodium spp.</i> , virus de la dengue, <i>Wuchereria bancrofti</i> , virus de l'encéphalite japonaise)	Contact avec des Vecteurs	Toute activité de développement des ressources en eau comporte un risque dans certaines zones géographiques où sévissent des maladies à transmission vectorielle. La plupart des insectes vecteurs se reproduisent dans de l'eau propre, à l'exception des vecteurs de la filariose lymphatique, dont la reproduction s'effectue dans une eau polluée sur le plan organique.
<b>Irritants cutanés</b>	Contact	A l'origine des irritations cutanées telles que les dermatites de contact (eczémas), on a une grande probabilité de trouver une combinaison de dangers microbiens et chimiques.
<b>Produits chimiques</b>  <b>Antibiotiques (chloramphénicol)</b>	Consommation	Risques potentiels pour les consommateurs de produits aquacoles lorsque ces produits chimiques sont utilisés pour élever des poissons.
Toxines cyanobactériennes (microcystine-LR)	Contact Consommation	Risques potentiels pour les consommateurs de produits de l'aquaculture – en particulier les compléments alimentaires à base d'algue verte ( <i>Spirulina</i> )
Métaux lourds (arsenic, cadmium, plomb, mercure)	Consommation	Peuvent s'accumuler dans les végétaux – aquatiques ou terrestres

Phtalates et phénols	Consommation d'eau provenant d'aquifères rechargés par l'irrigation par des eaux usées	On a trouvé ces éléments dans des aquifères utilisés pour l'approvisionnement humain en eau de boisson, rechargés involontairement par l'irrigation par des eaux usées. Certains de ces éléments chimiques ont des propriétés perturbantes pour le système endocrinien.
Hydrocarbures halogénés (dioxines, furanes, PCB)	Consommation	Ces produits ne sont pas absorbés par les végétaux, mais peuvent contaminer leurs surfaces et doivent donc être pelés ou lavés avant consommation. Il existe un potentiel de bioaccumulation chez les grands poissons carnivores élevés dans des fermes piscicoles alimentées par des rejets.
Pesticides et résidus de pesticides (aldrine, DDT, par exemple)	Contact Consommation	Les risques sont liés principalement aux pratiques d'application du pesticide.

**Tableau2: Les normes des eaux d'irrigation fixée par la FAO (1996)**

Paramètre de l'eau	Symbole	unité	Valeur maximale admissible
Conductivité électrique	CE	dS/m	3
Total de sels dissous	TDS	Mg/l	2000
Calcium	Ca <sup>++</sup>	mg/l	400
Magnésium	Mg <sup>++</sup>	mg/l	60,75
Sodium	Na <sup>+</sup>	mg/l	920
Carbonates	CO <sub>3</sub> <sup>--</sup>	mg/l	3
Bicarbonates	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	610
Chlore	Cl <sup>-</sup>	mg/l	1065
Sulfates	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	mg/l	960
Nitrates	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	10
Ammonium	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	5
Phosphate	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	mg/l	2
Potassium	K <sup>+</sup>	mg/l	2
Acidité	pH	-	6 – 8,5

**Tableau 3.Dénommbrémentpar NPP**

Nombre de tubes donnant une réaction positive sur			NPP dans 100 ml	Limites de confiance a 95%	
1 tube de 50ml	5 tubes de 10 ml	5 tubes de 1ml		Limite inférieure	Limite supérieure
0	0	1	1	<0.5	4
0	0	2	2	<0.5	6
0	1	0	1	<0.5	4
0	1	1	2	<0.5	6
0	1	2	3	<0.5	8
0	2	0	2	<0.5	6
0	2	1	3	<0.5	8
0	2	2	4	<0.5	11
0	3	0	3	<0.5	8
0	3	1	5	<0.5	13
0	4	0	5	<0.5	13
1	0	0	1	<0.5	4
1	0	1	3	<0.5	8
1	0	2	4	<0.5	11
1	0	3	6	<0.5	15
1	1	0	3	<0.5	8
1	1	1	5	<0.5	13
1	1	2	7	1	17
1	1	3	9	2	21
1	2	0	5	<0.5	13
1	2	1	7	1	17
1	2	2	10	3	23
1	2	3	12	3	28
1	3	0	8	2	19
1	3	1	11	3	26
1	3	2	14	4	34
1	3	3	18	5	53
1	4	4	21	6	66
1	4	0	13	4	31
1	4	1	17	5	47
1	4	2	22	7	69
1	4	3	28	9	85
1	4	4	35	12	101
1	4	5	43	15	117
1	5	0	24	8	75
1	5	1	35	12	101
1	5	2	54	18	138
1	5	3	92	27	217
1	5	4	161	39	>450

## Les résumés

### ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم جودة مياه الري في بلدية سidi Okba، بولاية بسكرة. تمأخذ العينات من ستة آبار منتشرة في منطقة الدراسة لتقييم خصائصها الميكروبيولوجية والفيزيائية الكيميائية. كشفت النتائج عن تلوث بكتيري واضح حيث تجاوزت أعداد الجراثيم القابلة للإنعاش المعايير، مع تأكيد وجود مؤشرات التلوث البرازي وبكتيريا مرضية كالسلالمونيلا والمكورات العنقودية الذهبية. وعلى الصعيد الفيزيائي الكيميائي، بينت التحاليل أن المياه تتسم بملوحة وعسرة مرتفعة، وارتفاع في مستويات النترات والكلوريد، مما يصنفها ضمن فئة المياه ذات الجودة المحدودة للري. تُبرز هذه النتائج تداخلاً بين التلوث الميكروبي والكيميائي، مما يُشكل تحديًّا كبيرًا لاستدامة الزراعة في المنطقة، ويهدد خصوبة التربة والإنتاجية، فضلاً عن التأثيرات الصحية المحتملة.

**الكلمات المفتاحية:** مياه الري، الجودة، الخصائص الفيزيائية الكيميائية، التلوث البكتيري، سidi Okba، بسكرة

### Résumé :

Cette étude vise à évaluer la qualité des eaux d'irrigation dans la commune de Sidi Okba, wilaya de Biskra. Des échantillons ont été prélevés de six puits répartis dans la zone d'étude pour évaluer leurs caractéristiques microbiologiques et physico-chimiques. Les résultats ont révélé une contamination bactérienne manifeste, avec un dépassement des normes pour les dénombremens de germes revivifiables, et la confirmation de la présence d'indicateurs de contamination fécale et de bactéries pathogènes comme *Salmonella* et *Staphylococcus aureus*. Sur le plan physico-chimique, les analyses ont montré que les eaux présentent une salinité et une dureté élevées, ainsi que des niveaux accrus de nitrates et de chlorures, les classant dans la catégorie des eaux de qualité limitée pour l'irrigation. Ces résultats mettent en évidence une interaction entre la contamination microbienne et chimique, ce qui représente un défi majeur pour la durabilité de l'agriculture dans la région, menaçant la fertilité des sols et la productivité, ainsi que d'éventuels impacts sur la santé.

**Mots-clés :** Eau d'irrigation, Qualité, Caractéristiques physico-chimiques, Contamination bactérienne, Sidi Okba, Biskra.

### Abstract

This study aims to assess the quality of irrigation water in the municipality of Sidi Okba, Biskra province. Samples were collected from six wells distributed across the study area to evaluate their microbiological and physico-chemical characteristics. The results revealed clear bacterial contamination, with culturable germ counts exceeding standards, and the confirmation of fecal contamination indicators and pathogenic bacteria like *Salmonella* and *Staphylococcus aureus*. Furthermore, physico-chemical analyses indicated that the water is characterized by high salinity and hardness, along with elevated levels of nitrates and chlorides, classifying it as water of limited quality for irrigation. These findings highlight an interaction between microbial and chemical contamination, posing a significant challenge to agricultural sustainability in the region, threatening soil fertility and productivity, as well as potential health impacts.

**Keywords:** Irrigation water, Quality, Physico-chemical characteristics, Bacterial contamination, Sidi Okba, Biskra.





Déclaration de correction de mémoire de master 2025

Référence du mémoire N°: 5..... / 2025

PV de soutenance N°: ..... / 2025

Nom et prénom(en majuscule) de l'étudiant (e) :	لقب و إسم الطالب(ة) :
.....SAAD.....AYA.....	.....الطالب.....الطالبة.....

La mention التقدير	Note (./20) العلامة	عنوان المذكرة L'intitulé de mémoire
.....	.....	.....

## تصريح وقرار الأستاذ المشرف: د. مصطفى عبد العليم

<p><b>Déclaration :</b></p> <p>Je soussigné (e), .....          ..... (grade) ..... à l'université          de ..... avoir examiné intégralement ce          mémoire après les modifications apportées par l'étudiant.</p> <p><b>J'atteste que :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* le document a été corrigé et il est conforme au modèle de la forme du département SNV</li> <li>* toutes les corrections ont été faites strictement aux recommandations du jury.</li> <li>* d'autres anomalies ont été corrigées</li> </ul>	<p><b>تصريح:</b></p> <p>أنا الممضي (ة) أسماء ..... حفظ .....          ..... (الرتبة) ..... المستاذ ..... ..... بجامعة .....          .....          أصرح بأنني راجعت محتوى هذه المذكورة كلية مراجعة دقيقة          وهذا بعد التصحيحات التي أجرأها الطالب بعد المناقشة، وعليه          أشهد بأن :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* المذكورة تتوافق بشكلها الحالي مع النموذج المعتمد لقسم علوم          الطبيعة والحياة.</li> <li>* المذكورة صحيحة وفقاً لكل توصيات لجنة المناقشة</li> <li>* تم تدارك الكثير من الإختلالات المكتشنة بعد المناقشة</li> </ul>
--	---

<u>Décision :</u>	<u>قرار :</u>
Sur la base du contenu scientifique, de degré de conformité et de pourcentage des fautes linguistiques, Je décide que ce mémoire doit être classé sous la catégorie	اعتمادا على درجة مطابقتها للنموذج ، على نسبة الأخطاء اللغوية وعلى المحتوى العلمي أقرر أن تصنف هذه المذكورة في الدرجة :

### مسؤول المكتبة



الأستاذ المشرف

التاريخ

2025 / .... / ....

**NB : Cette fiche doit être collée d'une façon permanente derrière la page de garde sur les copies de mémoire déposées au niveau de la bibliothèque universitaire.**