



Département de Génie de l'Eau

Rapport de soutenance

En vue de l'obtention du diplôme
de Licence professionnelle en :

Hydraulique

Thème :

**Contrôle de la qualité microbiologique des eaux
au niveau de l'ADE de Bouira**

Réalisé par :

- M^{me} KACIMI Hadjer
- M^{me} ENNEHITI Chourouk

Encadré par :

- M^{me} SIFOUN Naima MCB/ Institut de Technologie, Bouira
- M^r MOHAND AMAR Kouceila Chef de service microbiologie/ ADE, Bouira

Soutenu devant le jury :

- M^{me} HAMZAOUI Sarra MCB / Institut de Technologie, Bouira
- M^r DAHMANI Saad MCA / Institut de Technologie, Bouira
- M^{me} BALOUL Djouhra MAA/ Institut de Technologie, Bouira

Remerciements

Avant tout, nous remercions Allah tout-puissant de nous avoir guidés tout au long de notre vie, de nous avoir donné le courage et la patience pour surmonter tous les moments difficiles, et de nous avoir permis d'achever ce travail et de le mettre entre vos mains aujourd'hui.

Tout d'abord, nos sincères remerciements et respects vont à notre promotrice, Madame SIFOUN Naima. Nous la remercions de tout cœur pour sa patience et sa confiance qu'elle nous a toujours accordée durant notre travail. Nous la remercions également pour sa disponibilité sans faille, ses précieux conseils et ses encouragements qui nous ont aidés dans notre travail, ainsi que pour avoir mis à notre disposition tous les moyens et les ressources nécessaires à la réalisation de ce travail.

Nos vifs remerciements s'adressent à tous les membres du jury qui nous ont fait l'honneur d'examiner ce travail.

Nous remercions également le personnel des laboratoires de l'ADE Bouira, en particulier Monsieur MOUHANED AMER Kouceila.

Enfin, nous remercions toutes les personnes ayant participées de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Dédicaces

Tout d'abord, je remercie le dieu, notre créateur de m'avoir donné la force, la volonté et le courage afin d'accomplir ce travail modeste.

Je dédie ce travail à **ma mère**, la source de tendresse et la lumière qui guide mes routes et qui m'emmène aux chemins de la réussite, pour tous ses sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie.

A **mon père** que je le remercie énormément pour ses efforts, ses conseils et sa surveillance.

A mes chers frère : **Mohammad, Abedal Rahman** et **Gaith** et ma sœur cadette **Sarah**.

A ma chère binôme : **Hadjer**.

A mes meilleur amies : **Hadil, Milissa** et **Serina**.

A tout ce que je connais sans exceptions

Enfin, j'offre mes bénédictions à tous ceux qui m'ont soutenu dans l'accomplissement de ce travail.

Chourouk

Dédicaces

Je remercie DIEU, le tout-puissant de m'avoir donné la santé, le courage et la volonté d'entamer et de terminer ce modeste travail.

Je dédie ce travail à mes chers parents en signe de reconnaissance et de profonde gratitude pour tout ce qu'ils ont consenti d'efforts et de moyens pour me voir réussir dans mes études,

À mes chers frères,

À toute ma famille,

À ma binôme : Chourouk,

À tous mes amis sans exception,

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible,

Je vous dis MERCI.

Hadjer

Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Résumé

ملخص

Abstract

Introduction générale.....1

Chapitre I : Présentation de lieu de stage

I.1. Introduction 2

I.2. Description de la wilaya de Bouira 2

I.2.1. Caractéristique de la wilaya 3

I.3.1. Objectifs de l'ADE 3

I.3.2. Mission de l'ADE 4

I.4. Unité de l'ADE de Bouira 4

I.5. Présentation de Laboratoire central de l'ADE 6

I.5.1. Différentes structures de laboratoire 7

I.6. Conclusion 8

II.1. Introduction 9

II.2. Origine des eaux 9

II.2.1. Eaux superficielles 9

II.2.2. Eaux souterraines 9

II.3.3. Comparaison entre les eaux superficielles et les eaux souterraines 10

II.3. Potabilité de l'eau 11

II.3.1. Normes et caractéristiques de l'eau potable 11

II.3.2. Intérêt de control de la qualité de l'eau 11

II.4. Conclusion 12

III.1. Introduction 16

III.2. Définition de la pollution de l'eau 16

III.3. Types de pollution 17

III.4. Pollution microbiologique 18

III.4.1. Bactéries indicatrices spécifiques de pollution fécale 19

III.4.1.1. Coliformes 20

III.4.1.2. Streptocoques fécaux.....	21
III.4.1.3. Clostridium sulfito-réducteurs (CSR)	22
III.4.1.4. Germes totaux	23
III.5. Maladies à transmission hydriques.....	23
III.6. Conclusion.....	25
IV.1. Introduction	26
IV.2. Matériel et produits spécifiques utilisés	26
IV.3. Origine des eaux analysées	27
IV.4. Méthodes de prélèvement des échantillons d'eau	27
IV.4.1. Lavage et stérilisation du matériel de prélèvement	27
IV.4.2. Méthode de prélèvement.....	29
IV.4.3. Transport et conservation au laboratoire	32
IV.5. Méthodes d'analyse bactériologique	32
IV.5.1. Analyse bactériologique réduite (ABR)	33
IV.5.1.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux (CT).....	34
IV.5.1.2. Recherche et dénombrement des coliformes fécaux (CF).....	36
IV.5.1.3. Recherche d'E-coli.....	37
IV.5.1.4. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux	38
IV.5.2. Analyse bactériologique complète (ABC).....	39
IV.5.2.1. Recherche et dénombrement des germes totaux.....	42
IV.5.2.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux (CT).....	43
IV.5.2.3. Recherche et dénombrement des coliformes fécaux (CF).....	44
IV.5.2.4. Recherche et dénombrement d'E-coli.....	45
IV.5.2.5. Recherche et dénombrement de streptocoques fécaux.....	46
IV.5.2.6. Recherche et dénombrement de Clostridium sulfito réducteur	49
IV.6. Conclusion.....	51
V.1. Introduction.....	52
V.2. Contrôle de la qualité microbienne des eaux de robinet.....	52
V.2. Contrôle de qualité microbienne des eaux des barrages.....	53
V.3. Contrôle de qualité microbienne des eaux des puits	54
V.4. Contrôle de qualité microbienne des eaux des forages	55
V.3. Conclusion	57

Liste des tableaux

Tableau II.1 : Comparaison entre l'eau de surface et l'eau souterraine	10
Tableau III.1 : Normes des paramètres microbiologiques d'eau potable	19
Tableau III.2 : Principales maladies d'origine hydriques et leurs agents responsables .	24
Tableau IV.1 : Matériel utilisé pour l'analyse bactériologique	26
Tableau IV.2 : Echantillons d'eau prélevés pour l'étude.	27
Tableau IV.3 : Exemple de méthode de tubes multiples.....	41
Tableau IV.4 : Méthodes et les milieux cultures utilisés pour l'analyse bactériologique dans cette étude	51
Tableau V.1 : Résultats d'analyse des eaux de robinets (Méthode ABR).....	52
Tableau V.2 : Résultats d'analyse des eaux des barrages (Méthode ABC).	53
Tableau V.3 : Résultats d'analyse des eaux des puits (Méthode ABC).....	55
Tableau V.4 : Résultats d'analyse des eaux des forages (Méthode ABC).....	56
Annexe	
Tableau A.1 : Normes de l'eau potable	
Tableau A.2 : Normes des substances indésirables d'une eau potable	
Tableau A.3 : Normes des substances toxique d'une eau potable	

Liste des figures

Figure I.1 : Localisation de la wilaya de Bouira	2
Figure I.2 : Logo du l'ADE.....	3
Figure I.3 : Siège de l'Algérienne des eaux, unité Bouira.....	5
Figure I.4 : Centres de l'ADE, unité Bouira	5
Figure I.5 : Laboratoire central d'Algérienne des eaux	6
Figure I.6 : Organigramme du laboratoire de contrôle de qualité, ADE-Bouira.....	7
Figure III.1 : Groupes d'indicateurs bactériens.	19
Figure III.2 : Coliformes totaux	20
Figure III.3 : Coliformes fécaux (Thermotolérants).....	21
Figure III.4 : Escherichia-coli.....	21
Figure III.5 : Streptocoques fécaux.....	22
Figure III.6 : Clostridium sulfito-réducteur	22
Figure IV.2 : Matériel de test de chlore.	29
Figure IV.3 : Prélèvement de l'eau de robinet.....	30
Figure IV.4 : Prélèvement de l'eau d'un Barrage.....	32
Figure IV.5 : Trompe filtrante.	33
Figure IV.6 : Tests présentatif et confirmatif des coliformes totaux.....	35
Figure IV.7 : Résultats des coliformes fécaux.	36
Figure IV.8 : Présence d'E-coli.....	37
Figure IV.9 : Résultats des streptocoques.	39
Figure IV.10 : Table de Mac-Crady pour le dénombrement des bactéries.	40
Figure IV.11 : Expression des résultats.....	41
Figure IV.12 : Résultats BCPL	44
Figure IV.14 : Technique de recherche et dénombrement des streptocoques.	48
Figure IV.15 : Résultats positifs et négatifs des streptocoques.....	49
Figure IV.16 : Clostridium sulfito-réducteur.	50
Figure V.1 : Comparaison de la qualité des eaux : B1, B2, P1 et F2.....	57

Liste des abréviations

°C: Degrés Celsius

°f: Degré français

µm: Micromètre

µS/cm: micro-siemens par centimètre

ABC: Analyse bactériologique complète

ABR: Analyse bactériologique réduite

ADE: Algérienne des eaux de Bouira

BCPL: Bouillon lactose au pourpre de bromocrésole

BEA: Bile Esculine Agar

CF: coliformes fécaux

Cl: Chlorures

CO₂: Dioxyde de Carbone

CSR: Clostridium sulfito-réducteurs

CT: Coliformes totaux

D/C: Double concentration

DPD: Diéthyl-p-phénylénédiamine

E-coli: Escherichia coli

Eva Litsky: Bouillon à l'éthyle violet azide de sodium

GT: Germes totaux

H₂S: Hydrogène sulfureux

hab/km: Habitant par kilomètre

l/j/hab: Litre par jour par habitant

mg/l: Milligrammes par litre

ml: Millimètre

Na⁺: Sodium

NH₄⁺: Ion Ammonium

NPP: Nombre le plus probable

NTU: Unité de turbidité Néphélométrique

OMS: Organisation mondiale de la santé

pH: Potentielle hydrogène

S/C: Simple concentration

SF: Streptocoques fécaux

SO₄²⁻: Thiosulfates

TGEA : Glucose Tryptone à l'extait d'agar

TSI : Triple Sagar Iron

UFC : Unité Formant Colonie

VF : Viande de foie

Résumé

Le contrôle de qualité de l'eau destinée à la potabilisation est une opération très importante afin de protéger la santé des consommateurs. Cette étude vise à évaluer la qualité bactériologique de 08 échantillons d'eau: de robinet (R1, R2), de puits (P1, P2), de forage (R1, R2) et de barrage (B1, B2). Ces échantillons ont été prélevés de diverses régions de la wilaya de Bouira.

En comparant les résultats des analyses bactériologiques effectuées aux normes algériennes et l'OMS, nous avons constaté que les eaux du R1 et R2, P2 et F1 ont de bonne qualité, et elles répondent aux normes de potabilité de point de vue bactériologique. Tandis que les eaux de B2 et F2 peut être consommables à condition qu'elles soient régulièrement vérifiées à cause de présence des germes de 22°C et 37°C, Mais l'eau B1 et P1 présentent une mauvaise qualité bactériologique en raison de la présence de germes pathogènes et ne sont pas destinées à la consommation humaine.

Mots clés : Contrôle de qualité, analyse bactériologique, normes, germes pathogènes.

المخلص

مراقبة جودة مياه الشرب هي عملية مهمة لحماية صحة المستهلكين. يهدف هذا الدراسة إلى تقييم الجودة البكتيريولوجية لـ 08 عينات مياه: الصنبور (R1، R2)، من البئر (P1، P2)، من البئر (F1، F2) ومن السد (B1، B2) تم أخذ هذه العينات من مناطق مختلفة في ولاية البويرة.

من خلال مقارنة نتائج التحاليل البكتيريولوجية مع المعايير الجزائرية ومنظمة الصحة العالمية (OMS)، لاحظنا أن مياه R1 و R2 و P2 و F1 ذات جودة جيدة، وتتوافق مع معايير صالحة الشرب من الناحية البكتيريولوجية. بينما يمكن استهلاك مياه B2 و F2 شريطة أن تُفحص بانتظام بسبب وجود جراثيم عند درجة حرارة 22 درجة مئوية و 37 درجة مئوية. ولكن تعتبر المياه B1 و P1 ذات جودة بكتيريولوجية سيئة بسبب وجود كل أنواع الجراثيم الممرضة ولا تصلح للاستهلاك البشري.

الكلمات الرئيسية: مراقبة الجودة، التحليل البكتيريولوجي، المعايير، جراثيم ممرضة.

Abstract

Water quality control for drinking purposes is a crucial operation to safeguard consumer health. This study aimed to evaluate the bacteriological quality of 08 water samples: from tap (R1, R2), well (P1, P2), borehole (R1, R2), and reservoir (B1, B2). These samples were collected from various regions in the Bouira province.

Comparing the results of bacterial analyses with Algerian standards and WHO guidelines, we found that the waters from R1, R2, P2, and F1 are of good quality and meet potability standards bacteriologically. However, waters from B2 and F2 may be consumable provided they are regularly checked due to the presence of germs at 22°C and 37°C. In contrast, water from B1 and P1 exhibit poor bacteriological quality due to the presence of pathogenic germs and are not suitable for human consumption.

Keywords: Quality control, bacterial analysis, standards, pathogenic germs.

Introduction générale

Introduction

''L'eau c'est la vie''

Une eau potable est une eau qui peut être consommée sans danger pour la santé. Elle constitue une ressource importante pour l'organisme humain et sa consommation mais elle doit répondre à des normes de qualité strictes pour être consommée en toute sécurité. Toutefois, elle s'épuise et sa qualité se dégrade sous l'effet de la nature et des différentes activités humaines. En conséquence, lorsque cette source vitale est contaminée, elle devient la cause de plusieurs maladies hydriques. C'est pourquoi, il est crucial de surveiller la qualité de l'eau pour protéger la santé des consommateurs et préserver l'environnement, ce qui implique une surveillance sur le plan physico-chimique et bactériologique.

Notre travail s'intéresse à l'évaluation de la qualité bactériologique de huit (08) échantillons d'eau, prélevés de différentes régions de la wilaya de Bouira. Pour cela, on a effectué ces analyses bactériologiques au niveau de laboratoire de l'ADE (W.Bouira) pendant 03 mois (de 06 février jusqu'au 30 mai 2024). L'objectif de ce contrôle bactériologique se base sur la recherche et le dénombrement des espèces indicatrices de contamination fécale : coliformes totaux et fécaux, E-coli, les streptocoques, clostridium sulfito-réducteur et les germes. Les résultats trouvés ont été comparés aux normes de potabilité algériennes et de l'OMS.

Pour cela, notre travail est structuré de cinq chapitres :

- ✚ Chapitre I : Présentation de lieu de stage ;
- ✚ Chapitre II : Généralités sur les eaux ;
- ✚ Chapitre III : Pollution de l'eau ;
- ✚ Chapitre IV : Matériel et méthodes ;
- ✚ Chapitre V : Résultats et discussions.

Enfin nous achevons notre étude par une conclusion générale où nous avons récapitulé les résultats obtenus.

Chapitre I :

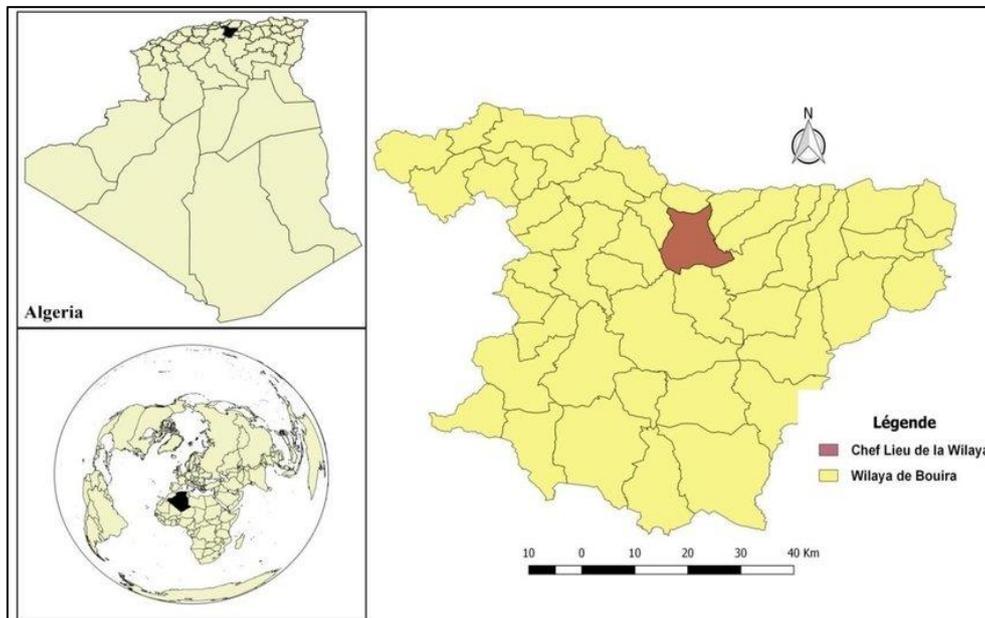
Présentation de lieu de stage

I.1. Introduction

Dans ce premier chapitre on va présenter la localisation géographique et les caractéristiques de la wilaya de Bouira, puis on va parler de l'Algérienne des Eaux (ADE), l'histoire de sa création, ces objectifs et ces missions principales. Par la suite, on va présenter l'endroit où on a effectué notre stage de fin d'étude, qui est le laboratoire central de l'ADE-Bouira.

I.2. Description de la wilaya de Bouira

La wilaya de Bouira est une région Algérienne de grand Kabylie, située au sud-est d'Alger. Elle est bordée par des chaînes montagneuses de Djurdjura et les Bibans. Le territoire de la wilaya est limité par plusieurs wilayas : Tizi-Ouzou au nord, Bordj-Bou-Argeridj à l'est, M'sila au sud, Médéa et Blida l'ouest. La figure I.1 représente la localisation géographique de la wilaya de Bouira (**Invest in algeria, 2017**).



I.2.1. Caractéristique de la wilaya

La wilaya de Bouira a les caractéristiques suivantes :

- **La superficie** : 4439 km² ;
- **La population (en 2020)** : environ 800 000 habitants ;
- **La dotation** : 150 à 200 l/j/hab ;
- **La densité (en 2020)** : 167 hab/km ;
- **Le nombre de dairas** : 12, qui sont : Bouira, Ain Bessem, Bechloul, Bir Ghablou, Bordj Okhriss, El Hachimia, Haizer, Kadiria, Lakhdaria, M'chedallah, Souk El Khemis, Sour El Ghozlane (**Découpage administratif algérienne, 1974**).



Figure I.2 : Logo du l'ADE

I.3.1. Objectifs de l'ADE

L'ADE est chargée d'assurer sur tout le territoire national la gestion des opérations suivantes:

- ✓ La production d'eau ;
- ✓ Le transport d'eau ;
- ✓ Le traitement des eaux ;
- ✓ Le stockage des eaux ;
- ✓ L'adduction en eau ;
- ✓ La distribution de l'eau ;
- ✓ Et l'approvisionnement en eau potable et industrielle (**Ministère de l'hydraulique**).

I.3.2. Mission de l'ADE

L'établissement de l'ADE a des tâches principales qui sont :

- ✓ Assurer la disponibilité de l'eau potable pour tous les citoyens, dans des conditions équitables ;
- ✓ Favoriser l'accès au plus grand nombre d'utilisateurs aux réseaux publics d'eau ;
- ✓ Gérer et entretenir les systèmes et installations permettant la production, le traitement, le transfert, le stockage et la distribution de l'eau potable et industriel ;
- ✓ Surveiller et normaliser la qualité d'eau distribuée ;
- ✓ Protéger des eaux (la police des eaux) ;
- ✓ Développer, renouveler et moderniser le réseau national d'eau potable et industriel ;
- ✓ Promouvoir l'économie d'eau ;
- ✓ Introduction de techniques de préservation de l'eau ;
- ✓ Lutte contre le gaspillage ;
- ✓ Développer des sources non conventionnelles ;
- ✓ Gérer la concession de service public de l'eau (**Ministère de l'hydraulique**).

I.4. Unité de l'ADE de Bouira

L'unité de l'ADE de Bouira (Figure I.3) est rattachée structurellement à la zone de Tizi-Ouzou, et elle est liée directement à l'agence régionale d'Alger. Elle intervient sur tout le territoire de la wilaya de Bouira par (06) six centres qui sont : Bouira centre, Lakhdaria, Sour-El-Ghouzlane, Bordja Akhris, Ain Bessem et M'chedallah. Elle assure la tâche de suivi de qualité et de contrôle des eaux de distribution (**ADE-unité de Bouira**).

La figure I.4 présente les centres de l'ADE de Bouira.



Figure I.3 : Siège de l'Algérienne des eaux, unité Bouira

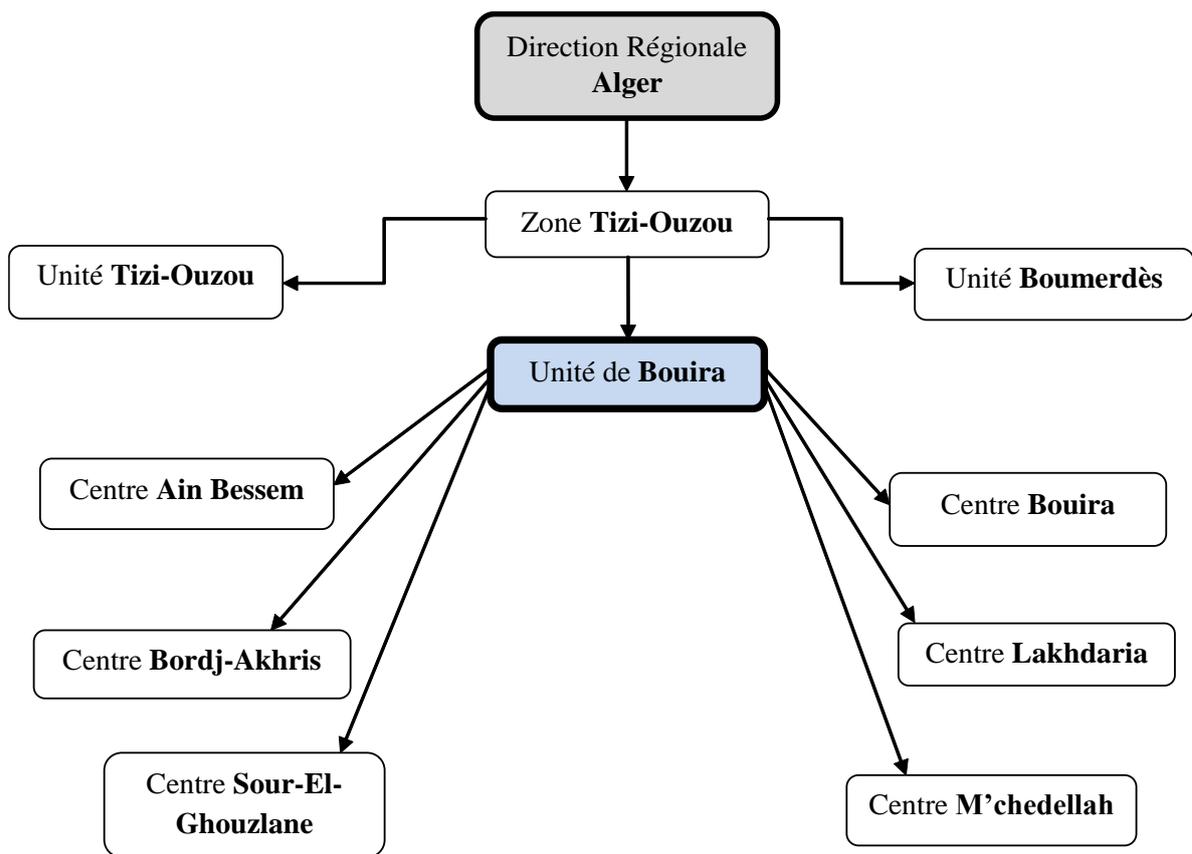


Figure I.4 : Centres de l'ADE, unité Bouira

I.5. Présentation de Laboratoire central de l'ADE

Notre stage a été effectué au niveau du laboratoire de contrôle de qualité des eaux potables (Figure I.5) qui est dépendant de l'unité de l'ADE de Bouira. Il est situé au Draa-El-Bordj dans la ville de Bouira, et il est responsable de contrôler de qualité de l'eau distribuée aux abonnés, ainsi que des eaux de forages, sources, puits, stockées dans les réservoirs et en particulier les eaux celles des robinets.

La collecte des échantillons se fait chaque matin pour l'ensemble de la région de Bouira. Une fois les échantillons prélevés, ils sont dirigés vers le laboratoire pour les analyses physico-chimique et bactériologique. Par contre, les tests de chlore sont effectués sur place (au terrain).



Figure I.5 : Laboratoire central d'Algérienne des eaux

I.5.1. Différentes structures de laboratoire

Le laboratoire central de contrôle de qualité des eaux se compose d'un réservoir de capacité environ du 2000 m³ et (05) cinq salles :

- ✓ Salle d'analyse physico-chimique ;
- ✓ Salle de préparation des réactifs ;
- ✓ Salle d'analyse bactériologique ;
- ✓ Salle de lavage et stérilisation ;
- ✓ Salle de stockage (réactifs, boîte de pétri, milieux de cultures...).

Il y a aussi (04) quatre bureaux :

- ✓ Bureau du chef de laboratoire ;
- ✓ Bureau du chef de service physico-chimique ;
- ✓ Bureau du chef de service bactériologique ;
- ✓ Bureau du chef de qualité.

L'organigramme du laboratoire de contrôle de qualité des eaux de l'ADE, unité de Bouira, est présenté par la figure I.6.

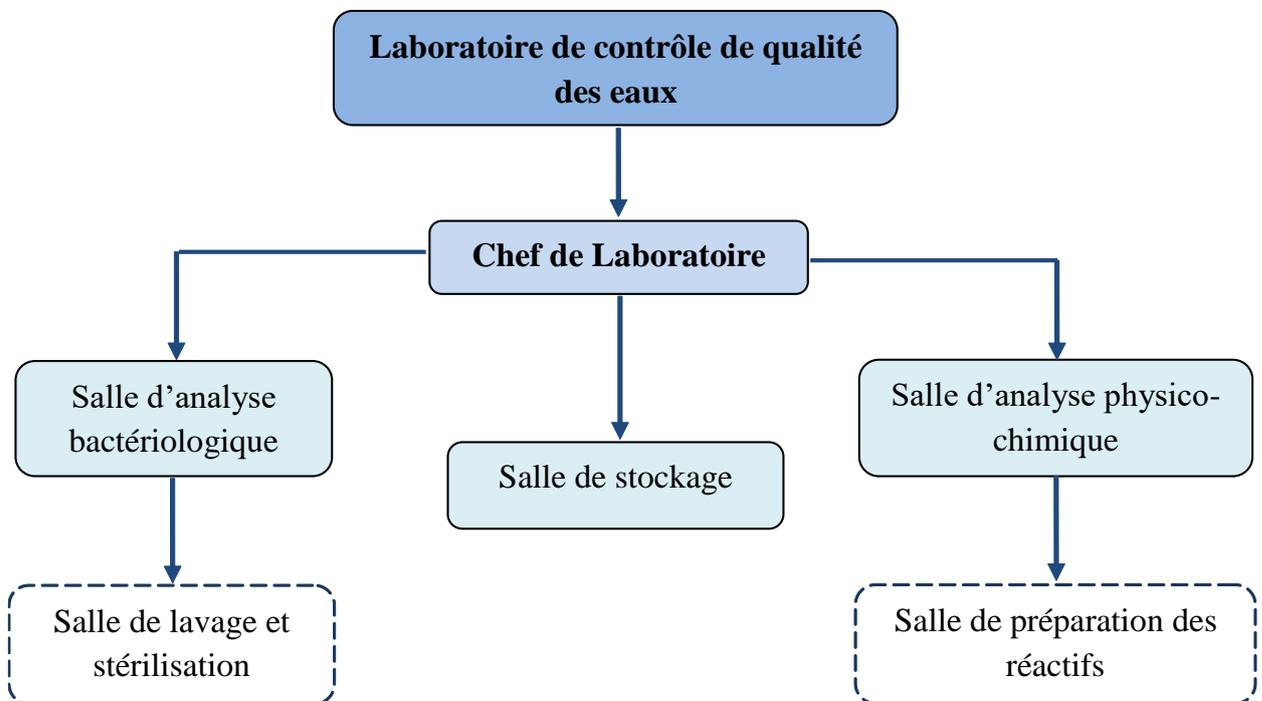


Figure I.6 : Organigramme du laboratoire de contrôle de qualité, ADE-Bouira

I.6. Conclusion

L'Algérienne Des Eaux de Bouira, en général, et le laboratoire central en particulier, sont les principaux responsables de la fourniture d'eau potable de haute qualité aux citoyens, en quantités suffisantes. Cette qualité est contrôlée grâce aux analyses physique-chimiques et bactériologiques, et ce contrôle est nécessaire pour détecter les différentes espèces indésirables, toxiques et pathogènes afin de protéger la santé des citoyens.

Chapitre II :
Généralités sur les eaux

II.1. Introduction

L'eau est un élément vitale plus que un élément importante de transport de pollution et des maladies, si pour quoi nous devons prendre on soin strict de sa qualité et potabilité. (Lamy, 1995).

Dans ce chapitre, on va parler un peu sur les origines des eaux, puis les normes de potabilité vont être présentées.

II.2. Origine des eaux

II.2.1. Eaux superficielles

Les eaux superficielles sont l'ensemble des eaux qui s'écoulent ou stockées à la surface de sol (barrage, lacs, rivière, oued, réservoir de stockage,...). La composition chimique de ces eaux dépend des terrains traversés durant leur parcours dans les bassins versants (Boeglin, 2001).

Elles se caractérisent par leur forte charge en matières en suspensions, ainsi qu'une pollution physico-chimique et surtout une pollution microbiologique. Cette pollution peut être due aux phénomènes naturels, ainsi aux rejets des eaux usées domestiques ou bien industriels dans la nature (Bouziane, 2000).

Pour atteindre cet objectif, ces eaux doivent donc être soumises à un traitement presque complet avant de pouvoir être utilisées pour des applications domestiques ou autres (Molinie, 2009).

II.2.2. Eaux souterraines

On définit les eaux souterraines comme des eaux recueillies dans les nappes souterraines, qui sont des couches d'eau présentes dans les roches poreuses et fissurées. L'infiltration des précipitations et des eaux de surface alimente ces nappes.

Dans les aquifères, les eaux souterraines se déplacent lentement des niveaux supérieurs en vers les niveaux inférieurs, jusqu'à ce qu'elles se déversent dans un autre aquifère, lac, rivière, océan ou soient extraites par un puits. (Degremont, 2005).

Elles sont caractérisées par une turbidité faible ainsi que la température et les compositions chimiques constantes, avec une absence presque totale d'oxygène, vitesse de déplacement lente et surtout une pureté microbiologique élevée plus une minéralisation variable (Margat et Monition, 1990).

II.3.3. Comparaison entre les eaux superficielles et les eaux souterraines

Les différents éléments caractéristiques des eaux de surface et les eaux souterraines sont résumés dans le tableau II.1.

Tableau II.1 : Comparaison entre l'eau de surface et l'eau souterraine (Degremont, 2005)

Caractéristiques	Eau de surface	Eau souterraine
Température	Relative en fonction de saisons	Constante
Turbidité	Variable /élevé	Faible /nulle
Couleur	Du au sols en suspension	Du aux solide dissous
Minéraux	Varie au fonction de sols	Très important
CO₂ agressif	Absent	Grand quantité
H₂S	Absent	Souvent present
O₂ dissout	-Souvent proche du niveau de saturation -Absent dans les eaux très polluées	Peu present
NH₄⁺	Seulement dans les eaux polluées	Souvent présent (pas forcément une pollution bactériologique)
Nitrates	Généralement faible	Parfois quantité importante
Silice	Généralement en proportion modérée	Souvent importante
Organismes vivants	Bactéries, virus, plancton (animal et végétal)	Des bactéries de fer sont fréquemment trouvées
Solvants chlorés	Rarement présent	Souvent present

II.3. Potabilité de l'eau

Une eau potable est une eau dont la composition et les qualités sont telles qu'elles ne puissent porter atteinte à la santé de consommateurs (**Gérard Grosclaude, 2000**). Elle doit répondre aux critères suivants :

- doit être fraîche (de 8°C à 14°C), limpide, inodore, agréable au goût, conservée pendant quelque temps, elle ne doit ne déposer ni prendre une odeur désagréable ;
- doit renfermer le moins possible d'être organisée et doit être absolument exempte de bactéries pathogènes (**Henri Lajoux, 2007**).

II.3.1. Normes et caractéristiques de l'eau potable

Le tableau A.1 (Annexe), représente les valeurs maximales admissibles de différentes caractéristiques de l'eau potable selon l'OMS et les normes algériennes.

Les substances indésirable (Tableau A.2, Annexe) présentent les composés qui peuvent compromettre la qualité d'eau potable et altérer le goût, l'odeur, la couleur.

Les substances toxiques qui sont des composées chimiques pouvant causées des dommages à la santé humaine sont présentées par le tableau A.3 (Annexe).

II.3.2. Intérêt de contrôle de la qualité de l'eau

Le contrôle de qualité est essentiel pour garantir la qualité et la sécurité des eaux et surtout l'eau potable, on peut la deviser on deux contrôles :

(1) Le contrôle physique-chimique :

- Détecter la présence des substances indésirables, toxiques dans l'eau ;
- Vérifier que les eaux potables respectent les normes réglementaires et internationales et sont aptes à la consommation humaine ;
- Apporter des informations sur le mode de fonctionnement de milieu aquatique lac, rivière, barrage.

(2) Contrôle microbiologique:

- Détecter la contamination secondaire due au transport, au stockage, ...etc., par la surveillance de la qualité tout le long de la distribution de l'eau ;

- Détecter et prendre des mesures pour éliminer les bactéries et des micro-organismes pathogènes qui peuvent être transmis par l'eau et cause des maladies graves comme : la salmonellose, la dysenterie, le choléra ;
- Vérifier et évaluer l'efficacité des procédés de traitements dans les stations de potabilisation.

II.4. Conclusion

Nous avons parlé dans ce chapitre de la répartition et l'origine des eaux sur la terre, puis, on a focalisé beaucoup sur l'eau potable avec les normes de potabilité, soit de côté physique-chimique ou bien bactériologique afin de déterminer si elle est potable et apte pour la consommation humaine ou pas.

Chapitre III :
Pollution de l'eau

III.1. Introduction

Dans ce chapitre, on va explorer les aspects de la pollution des eaux, y compris ses origines et ses formes, en se concentrant sur la pollution microbienne, notamment les bactéries et les agents pathogènes, ainsi que leurs effets sur la santé humaine.

III.2. Définition de la pollution de l'eau

La pollution de l'eau est placée actuellement en tête des problèmes de l'environnement. Pour définir une eau comme une eau polluée quand a une dégradation de qualité physique-chimique, biologique et aussi de qualité bactériologique par conséquence de l'homme et ses activités (**koller, 2004**).

Les différentes origines de pollution des eaux sont :

- ***Pollution domestique***

La contamination de l'eau est fréquemment associée aux habitations et se manifeste par la présence de micro-organismes, de substances organiques, de sels minéraux et de produits de nettoyage. Cela risque de compromettre les conditions de clarté et d'oxygénation de l'eau.

En outre, les dysfonctionnements des systèmes d'assainissement collectif ou individuel peuvent causer une contamination de la nappe en libérant des substances préjudiciables dans les eaux de toilette et les eaux domestiques.

Ainsi que l'accumulation des déchets domestiques dans des décharges sauvages ou non conformes à la norme peut entraîner la libération de lixiviats polluants, ce qui entraîne une pollution de l'eau (**Ayachi et al., 2019**).

- *Pollution industrielle*

La pollution industrielle est souvent causée par les rejets d'eau résiduaire provenant des activités industrielles, qui peuvent contenir une grande variété de substances plus ou moins biodégradables.

Les polluants industriels peuvent être très diversifiés, dépendant du type d'activités en cours, et inclure des substances organiques courantes ou synthétiques, des hydrocarbures, des sels minéraux, des métaux lourds, et bien d'autres. Ces produits sont souvent exceptionnels, mais peuvent être chroniques dans les cas de fuites de réservoir ou de canalisation (**Beauchamp, 2006**).

- *Pollution agricole*

La pollution agricole est liée à l'utilisation des produits d'origine industrielle ou agricole dont certains présentent des risques pour l'environnement et plus particulièrement pour la qualité des eaux. On peut citer :

- Les fertilisants : tels que les engrais minéraux du commerce ou les déjections animales ;
- Les produits phytosanitaires : tels que les herbicides, les fongicides et les insecticides (**Grasclaud, 1999**).

Ces produits sont rarement rejetés directement dans les eaux de surfaces, mais leurs épandages en excès pour la raison agriculture intensive entraînent leur lessivage par les eaux de pluie et une pollution diffuse dans les cours d'eau et les eaux souterraines.

III.3. Types de pollution

D'une manière générale, on trouve les types de pollution suivants :

- *Pollution physique*

C'est un trouble de normes dans le pH, la température, turbidité, matières en suspension, les colloïdes au bien la présence des matières grossiers, sables, argiles ;

- ***Pollution chimique***

Défini par la présence des minéraux indésirables au bien toxique dans l'eau et c'est le type de pollution le plus complexe.

- ***Pollution microbiologique***

La contamination microbiologique c'est la présence des micro-organismes pathogènes tels que les virus, les bactéries, les parasites dans l'eau causée par les activités humaines, les déchets des animaux ou bien les eaux usées urbaines.

- ***Pollution radioactive***

La radioactivité libérée dans l'eau peut provenir d'une radioactivité naturelle (certaines eaux d'origine profonde) ou d'une contamination liée à des retombées atmosphérique (explosions nucléaires), des champs de rayonnement d'origine industrielle ou des contaminations accidentelles de l'eau à partir des rejets d'installation des centrales nucléaires (Kourchi, 2010).

III.4. Pollution microbiologique

La pollution microbiologique de l'eau est une forme de pollution qui se caractérise par la présence de micro-organismes pathogènes, tels que des virus, des parasites, et des bactéries. Ces micro-organismes peuvent provenir de sources fécales, agricoles, ou urbaines, et peuvent causer des maladies chez les humains et les animaux.

- ***Normes de pollution***

L'analyse microbiologique a des normes à respecter (Tableau III.1), si les résultats dépassent les valeurs maximales, on considère qu'il y a une contamination microbiologique.

Tableau III.1 : Normes des paramètres microbiologiques d'eau potable

Paramètres microbiologique	Unité	Norme (OMS, 2006)	Norme (Algérienne, 2000)
Coliformes totaux	Nombre/100 ml	0	10
Coliformes fécaux	Nombre/100 ml	0	0
Stréptocoques	Nombre/100 ml	0	0
<i>Escherichia coli</i>	Nombre/250 ml	0	0
Clostridium sulfito-réducteur	Nombre/50 ml	0	0
Germes totaux	Nombre/100 ml	0	0

III.4.1. Bactéries indicatrices spécifiques de pollution fécale

Les indicateurs de contamination fécale sont des micro-organismes qui se trouvent en grande quantité dans les matières fécales humaines ou animales et qui sont utilisés pour détecter la présence de germes pathogènes dans les eaux (Figure III.1). Ces indicateurs sont choisis car ils sont faciles à détecter et à mesurer, ce qui permet de surveiller la qualité sanitaire des eaux et de déceler les risques de contamination fécale (Santé Canda, 2022).

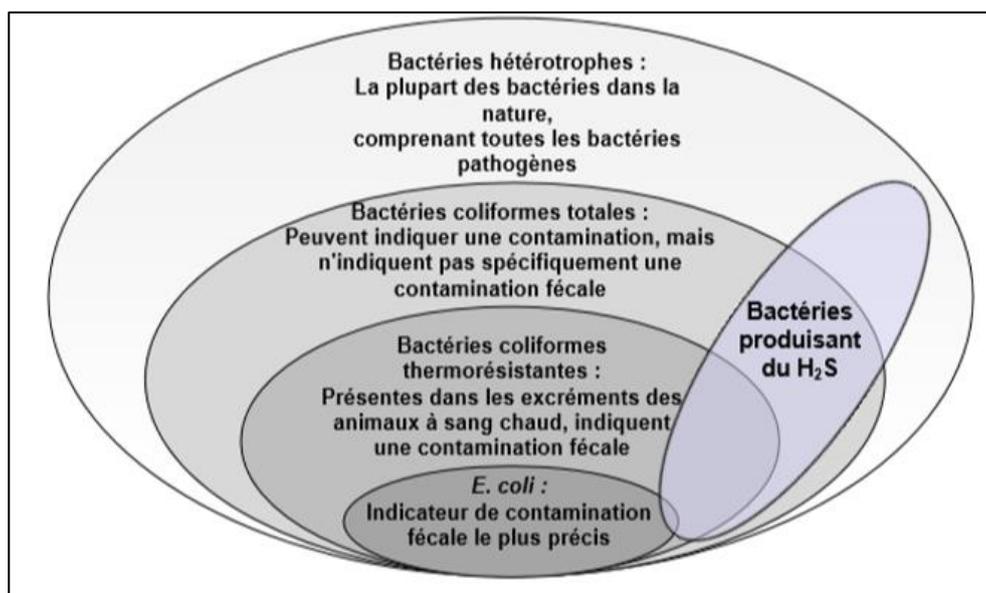


Figure III.1 : Groupes d'indicateurs bactériens (Gawst, 2017).

Dans le contrôle de qualité des eaux naturelles et plus précisément l'eau potable, les espèces cherchées sont :

III.4.1.1. Coliformes

Les coliformes regroupe un nombre d'espaces bactériennes appartient à la famille des *entrobactériaceae*. Ils servent d'indicateurs de pollution microbienne de l'eau. Il existe deux principaux types de coliformes :

a) Coliformes totaux

Sont un groupe large inclut des espaces bactériennes bâtonnets, anaérobies facultatifs, Gram négatif, non sporulant, cytochrome oxydase négative. Ce sont des bactéries qui fermentent le lactose de 35 à 37 °C en produisant un acide, du gaz et un aldéhyde dans un délai de 48 heures (**Franck, 2002**).



Figure III.2 : Coliformes totaux

b) Coliforme fécaux ou thermotolérants

Sont un sous-groupe de coliformes totaux. Sont des coliformes de forme bacille, Gram négatif, bâtonnets, aérobies ou anaérobies facultatifs, non sporulant, cytochrome oxydase négative, capable de se multiplier en présence de sels biliaire, capable de fermentent le lactose avec production de gaz à des températures entre 37 et 44 °C en mois pendant 24 heures (**Franck, 2002**).



Figure III.3 : Coliformes fécaux (Thermotolérants)

c) *Escherichia-coli* (*E-coli*)

E-coli c'est l'espèce la plus connue dans les coliformes fécaux. E-coli qui représente 80 à 90 % des coliformes thermotolérants détectés, se retrouve généralement dans les matières fécales des êtres humains et les animaux à sang chaud (les mammifères et les oiseaux qui ont la capacité de réguler leur température interne de manière interne).

Leur présence dans l'eau signifie une contamination fécale récente. Elle est capable de fermenter le lactose à 44 °C. Elle peut être détectée lors d'une incubation à 44-45 °C. (Patrick, 2010).

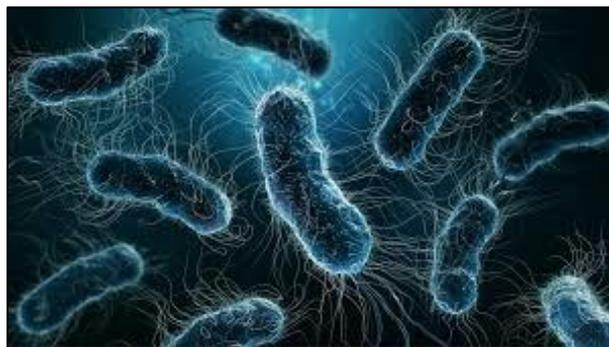


Figure III.4 : Escherichia-coli

III.4.1.2. Streptocoques fécaux

Se sont des bactéries incluant dans la famille des *streptococcaceae*, au genre *streptococcus* du group sérologique D de Landerfeld. Ils sont définis comme des cocci

sphérique légèrement ovales, Gram positif. Leur disposition est généralement en diplocoques au en chainettes avec un développement optimal à 37 °C et possèdent un caractère homo-fermentaire avec production de l'acide lactique sans gaz (**Rodier,1996**).



Figure III.5 : Streptocoques fécaux

III.4.1.3. Clostridium sulfito-réducteurs (CSR)

La forme sporule de ces bactéries est souvent perçue comme un indicateur de contamination fécale, sont plus résistant comparativement aux formes végétatives des streptocoques fécaux au coliformes fécaux permettrait de détecter une pollution ancienne ou intermittente. On trouve presque toujours les C.S.R dans les rivières, le sol, dans les nappes sous-jacentes. La réglementation de l'OMS tient compte des C.S.R permis les paramètres utilisés pour évaluer la qualité microbiologique de l'eau. Les C.S.R sont employés afin de surveiller l'efficacité d'une filtration naturelle ou artificielle (**Rodier, 1996**).

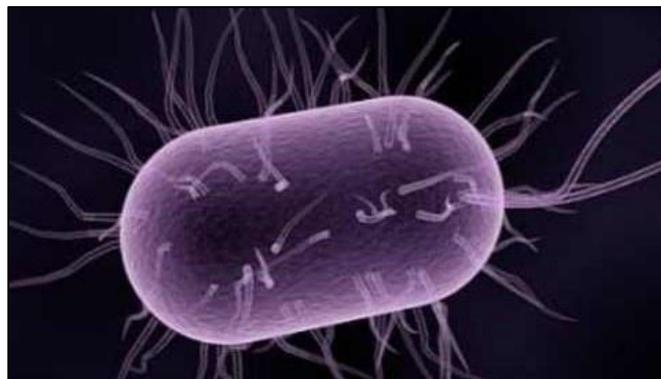


Figure III.6 : Clostridium sulfito-réducteur

III.4.1.4. Germes totaux

Ils sont appelés aussi 'bactérie aérobies revivifiables'. C'est l'ensemble des microorganismes soit bénéfiques ou nuisibles qui se développent dans un milieu aérobies, ils peuvent être issus de diverses sources telles l'environnement, les maladies chez les animaux ou une contamination par des bactéries pathogènes. Leur présence c'est une indicatrice de contamination d'origine fécale, et leur dénombrement donne une information sur la qualité hygiène de l'eau destinée à la consommation humaine (**Burgeois et al, 1992**).

On peut distinguer deux catégories en termes hygiènes :

- **Microorganismes saprophytes** : Ce sont les microorganismes généralement pas de caractère pathogène, ils se développent à 20 °C, et sont présent naturellement dans l'eau ;
- **Microorganismes d'origine fécale** : Ce sont les microorganismes qui se développent à une température de 37 °C, équivalente à celle du corps humain.

Ces microorganismes sont issus des êtres humains ou des animaux, parfois, ils ne s'agissent pas nécessairement de germes pathogènes, leur présence témoigne d'une contamination de l'eau (**Rejesk, 2002 ; Delarras, 2007**).

III.5. Maladies à transmission hydriques

Au cours du 19^{ème} siècle, les maladies d'origine hydrique ont été responsables dans le monde de vastes épidémies de dysenteries, fièvre typhoïde, choléra...etc. Aujourd'hui, l'OMS considère que la mauvaise qualité microbiologique des eaux consommées reste la première cause des problèmes de santé (**Lesne, 1998**).

Les maladies à transmission hydrique (MTH) recouvrent un large éventail de manifestation pathologiques d'origine bactérienne, parasitaire ou virale dont l'élément commun est le mode de contamination de l'eau (**Kreisel, 1991 ; Bazine et Bournane, 2011**).

La majorité des symptômes induits par les agents pathogènes d'origine hydrique sont d'ordre entérique (nausées, vomissement et diarrhées, ...). D'autre symptômes peuvent cependant être d'ordre neurologique, cardiovasculaire, respiratoire (legionella),

oculaire (toxoplasmose), hématologique (septicémie causé par E-coli) ou dermatologique (Payment et pintar, 2006).

Le tableau III.2 résume quelques maladies à transmission hydrique.

Tableau III.2 : Principales maladies d'origine hydriques et leurs agents responsables (Bazine et Bournane, 2011)

Maladie	Microorganisme Responsable	Symptômes
Choléra	Choléra vibrio	Diarrhée aqueuse sévère, vomissement, déshydratation, crampes musculaires et rythme cardiaque rapide.
Fièvre typhoïde	Salmonella typhi	Forte fièvre, maux de tête, douleurs à l'estomac, faiblesse, perte d'appétit
Fièvre para typhoïde	Salmonella paratyphi	
Diarrhée infectieuse	Déverses bactéries	Diarrhée aqueuse sévère, vomissement, fièvre, douleurs abdominales, fatigue, déshydratation.
Tétanos	Clostridium tétani	Trismus, raideur et contractures musculaires, fièvres, problèmes respiratoire, irritabilité.
Dysenterie bacillaire	Shigella	Diarrhée, fièvres, crampes d'estomac, ténésme.
Hépatites A et E	VHA / VHE	Jaunissement de peau et yeux, vomissement, fatigue, nausées, douleurs abdominales, urine foncée.
Poliomélite (poliovirus)	Virus de poliomyélite (Type I)	Fièvres, fatigue, nausée, douleurs musculaires, paralysie des membres, vomissement, maux de tête.

III.6. Conclusion

L'OMS estime que la pollution des eaux est responsable de 9,1 % des maladies et de 6 % des décès annuels mondiaux. Dans les pays en développement, cette proportion atteint 10 % des maladies et 8 % des décès (**Hounsounou, 2016**).

Pour prévenir ces maladies, il est crucial de suivre les conseils d'hygiène concernant l'eau, les aliments et le lavage des mains. De plus, la désinfection des ménages touchés est une mesure essentielle lors d'épidémies.

Chapitre IV :
Matériel et méthodes

IV.1. Introduction

L'objectif de notre stage est de faire le contrôle de qualité bactériologique des eaux au niveau du laboratoire de contrôle de qualité (ADE de Bouira). Ce contrôle nécessite un matériel et méthodes spécifiques.

Dans ce chapitre, on va présenter les différentes analyses bactériologiques réalisées au niveau de laboratoire de l'ADE, en se référant au **Rodier et al, 2009**, pour détecter la présence de certaines bactéries pathogènes qui peuvent dégrader la qualité de l'eau.

IV.2. Matériel et produits spécifiques utilisés

L'appareillage nécessaire pour la réalisation des analyses bactériologiques au niveau du laboratoire ADE Bouira est présenté par le tableau IV.1.

Tableau IV.1 : Matériel utilisé pour l'analyse bactériologique

Appareillage	Verrerie
- Bac bunsen	- Flacons de 250ml
- Rampe de filtration	- Boites de pétrie
- Papier filtre (0,45 et 0,22 μm) stérile	- Pipettes pasteurs stériles
- Pincés	- Tubes à essai
- Incubateur (37°C et 44°C)	
- Etuve de stérilisation	
- Bain marie	
- Coton et papier aluminium	
- Comparateur	

IV.3. Origine des eaux analysées

La qualité microbiologique des eaux présente un facteur important lors de l'étude de sa potabilité, pour cela on a procédé à la recherche de différents groupes bactériens des différentes sources d'eau de la région de Bouira.

Huit (8) échantillons ont été analysés. Le tableau IV.2 présente le lieu et la date de prélèvement de chaque échantillon.

Tableau IV.2 : Echantillons d'eau prélevés pour l'étude.

	Échantillon	Lieu d'échantillonnage	Date de prélèvement
R1	Eau de robinet, Lycée Taïbi Gacem	Ain Bessem (Bir Ghablou)	03 Mars 2024
R2	Eau de robinet, Agence ADE	Commune Ain Bessem	03 Mars 2024
B1	Barrage Lakhel	Commune Ain Bessem	26 Février 2024
B2	Barrage Tilesdit	Commune Bechloul	21 Mars 2024
P1	Puits Aghbalou	Commune Aghbalou	02 Avril 2024
P2	Puits Ain Bessem	Commune Ain Bessem	15 Avril 2024
F1	Forage Lesnam	Commune Lesnam	06 Mai 2024
F2	Forage Bouira	Bouira (Ouled Bellil)	15 Mai 2024

IV.4. Méthodes de prélèvement des échantillons d'eau

Le prélèvement d'eau ou échantillonnage est une étape importante surtout pour l'analyse bactériologique. Si pour cela, il doit se faire dans une zone stérile et de manière appropriée pour assurer que les analyses seront correctes.

IV.4.1. Lavage et stérilisation du matériel de prélèvement

Une bonne technique de laboratoire exige un bon nettoyage pour éliminer toutes erreurs ou contamination bactériologique. Et pour obtenir une bonne stérilisation, on suit les étapes suivantes (Figure IV.1) :

- ✓ On met les flacons dans récipient contenant l'eau de robinet + quelques gouttes de l'eau javel + un détergent pendant 24 heures ;

- ✓ On nettoie les flacons avec une brosse et un goupillon ;
- ✓ On rince ces flacons avec de l'eau distillée ;
- ✓ Par la suite, un séchage a été effectué à l'air libre ;
- ✓ On contrôle le lavage avec un réactif du bleu de bromothymol ;
- ✓ On ajoute 5 gouttes de thiosulfate de sodium pour rendre la fonction de chlore inactive ;
- ✓ A la fin, la stérilisation est faite dans l'étuve de stérilisation à 170 °C pendant 2 à 3 heures.

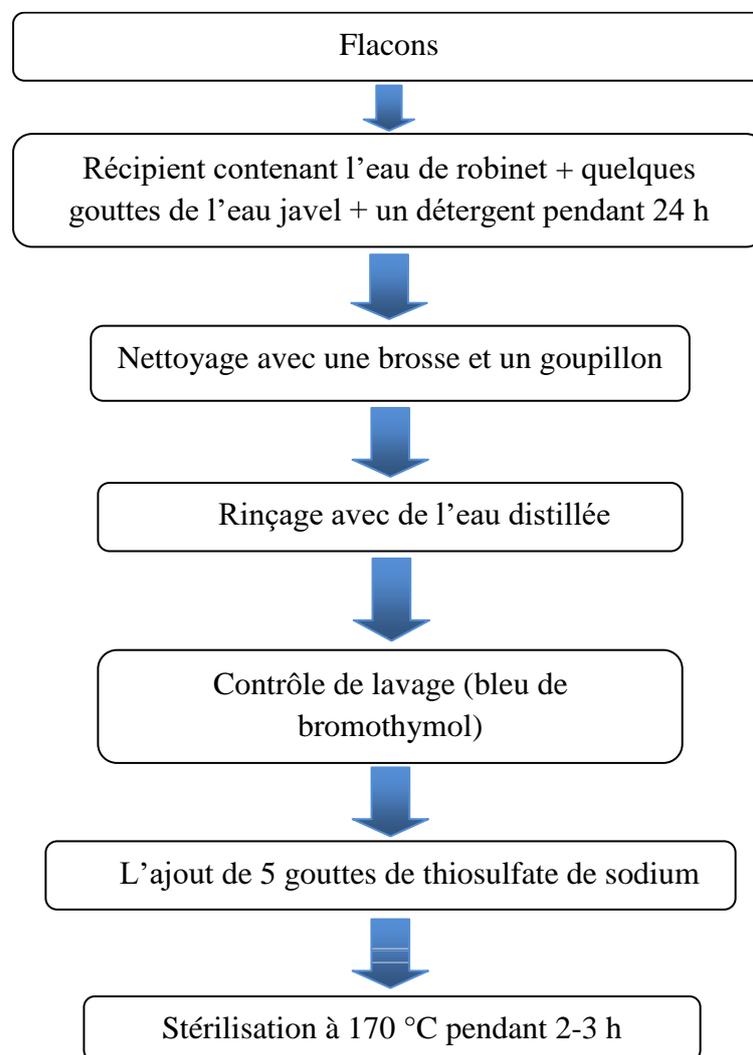


Figure IV.1 : Stérilisation des récipients dans le laboratoire

IV.4.2. Méthode de prélèvement

Cette étape est considérée comme une étape très important, car une simple erreur peut provoquer une infection et une pollution de l'eau. Cela conduit à des changements dans les résultats de l'analyse bactériologique. Le mode de prélèvement est différent selon le point de prélèvement ou l'origine de l'eau. On va citer les techniques de prélèvement de l'eau : de robinet, de forage et puits et de barrage, correspondant aux eaux étudiées. Mais avant de faire le prélèvement, le test de chlore doit être effectué.

a) Test de chlore

Ce test est fait par l'injection d'un comprimé du réactif DPD1 (dipropyl-phénylénédiamine) dans un tube à essai de 10 ml contenant de l'eau à analyser et on mélange. Le DPD1 réagit avec le chlore libre présent dans l'eau en donnant une couleur rose, puis on effectue la lecture avec un comparateur de couleur, et on note la concentration de chlore par mg/l (Figure IV.2).



Figure IV.2 : Matériel de test de chlore.

b) Prélèvement de l'eau du robinet

- ✓ On lave soigneusement les mains et les avant-bras, les rincer à l'alcool. On laisse sécher ;
- ✓ On ouvre le robinet et on laisse l'eau couler 2 minutes, après en fait de test de chlore ;
- ✓ On ferme le robinet ;

- ✓ On prend un pince en fer enrobée de coton et d'alcool, et on flambe énergiquement l'orifice du robinet pendant 1 minute ;
- ✓ On ouvre le robinet et on laisse couler une autre fois pendant 2 à 3 minutes pour le refroidir avant de faire le prélèvement ;
- ✓ Il est souhaitable de garder la flamme au-dessus du robinet ;
- ✓ On prend le flacon de la main gauche et on flambe rapidement le bord du goulot en remplissant avec l'échantillon sans le remplir entièrement. On doit laisser l'oxygène pour ne pas suffoquer les germes ;
- ✓ On flamme une deuxième fois le goulot et on ferme le flacon ;
- ✓ On renveloppe le bouchon de papier aluminium ;
- ✓ On étiquète le prélèvement par un numéro et on inscrit sur un cahier le numéro de prélèvement, la date, et l'adresse (Figure IV.3).



Figure IV.3 : Prélèvement de l'eau de robinet.

c) Prélèvement de l'eau d'un puits ou forage

Pour un prélèvement d'eau d'un puits ou d'un forage efficace et stérile tout en assurant la sécurité de l'échantillon collecté, on doit respecter les étapes suivantes :

- ✓ On doit utiliser une corde de longueur adaptée pour atteindre la profondeur souhaitée ;
- ✓ On pose le plongeur sur le sol recouvert d'un papier propre ;
- ✓ On déchire la partie supérieure du papier pour libérer le paquet du bouchon et la boucle de la cordelette ;
- ✓ On engage la boucle dans le mousqueton de la corde sans laisser la cordelette toucher le sol ;
- ✓ On enlève le coton du goulot, et on retire l'appareil du papier protecteur et le descendre lentement dans le puits sans toucher les parois ;
- ✓ On arrête la descente juste avant que le mousqueton n'atteigne la surface si le prélèvement se fait à environ 50 cm de profondeur ;
- ✓ On remonte l'appareil une fois le flacon plein, en prenant soin de dégager le flacon par la base du goulot ;
- ✓ On vide un peu d'eau si nécessaire, et on flambe le bord du goulot et on le referme avec le bouchon.

d) Prélèvement de l'eau d'un barrage

On doit choisir judicieusement le point de prélèvement en évitant les zones mortes sur les bords et de prélever de préférence en pleine eau. Les étapes sont :

- ✓ On utilise un préleveur spécial pour les grandes profondeurs ;
- ✓ On manipule avec précaution : le matériel doit être stérile, et on doit éviter tout contact avec des surfaces potentiellement contaminées (Figure IV.4).



Figure IV.4 : Prélèvement de l'eau d'un Barrage.

IV.4.3. Transport et conservation au laboratoire

Dans le but d'éviter toute modification de l'eau dans le flacon, l'analyse doit être faite très rapidement.

Et lorsque la durée du transport dépasse 1 heure et la température extérieure est supérieure à 10 °C, les prélèvements doivent être transportés dans des glacières dont la température est comprise entre 4 et 6 °C.

IV.5. Méthodes d'analyse bactériologique

Notre analyse est basée sur la recherche des bactéries de contamination pathogène et surtout des bactéries d'origine fécale.

Dans le laboratoire de contrôle de qualité l'ADE, deux méthodes d'analyses bactériologiques sont faites selon la qualité de l'eau.

L'analyse bactériologique réduite, également appelée '**ABR**', se fait pour les eaux potables destinées aux consommateurs, et elle est réalisée chaque jour.

Tandis que l'analyse bactériologique complète, appelée '**ABC**', se fait pour les eaux non traitées (brutes), et elle est réalisée une fois par semaine ou par mois.

IV.5.1. Analyse bactériologique réduite (ABR)

Cette analyse est appliquée pour les eaux de robinet (R1 et R2). Elle est réalisée par la technique de filtration sur membrane en utilisant une trompe filtrante (Figure IV.5), tel que le milieu de culture est sous forme solide.



Figure IV.5 : Trompe filtrante.

- **Principe de la technique**

Cette technique consiste à faire passer l'eau à analyser à travers une membrane de porosité 0,22 μm et 0,45 μm , susceptible de retenir des bactéries recherchées. Par la suite, la membrane est portée sur une rompe de filtration, puis placée sur un milieu gélosé bien défini selon les bactéries recherchées.

- **Domaine d'application**

Cette technique est appliquée pour les eaux claires qui ne contiennent pas de matières en suspension comme : les eaux d'alimentation, et les eaux de baignade, afin d'éviter le colmatage des membranes. Cette technique est utilisée pour la recherche : des coliformes totaux, des coliformes fécaux et E-coli.

IV.5.1.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux (CT)**a) Matériel et réactifs**

- Bac bunsen ;
- Rompe filtrante ;
- Membrane de 0,45 μm ;
- Pincettes ;
- Pipettes pasteurs ;
- Incubateur 37 °C ;
- Milieu Tergétole (Test présentatif) ;
- Milieu Triple Sagar Iron 'TSI' (Test confirmatif).

b) Mode opératoire**• Test présentatif**

- ✓ Tout d'abord on met la trompe à eau ;
- ✓ On flamme la surface supérieure de la rampe de filtration ainsi que la plaque poreuse et on ouvre le robinet pour aspirer la flamme puis on flamme le réservoir ;
- ✓ On laisse refroidir ;
- ✓ A l'aide de pincettes stériles, on prend une membrane (de porosité 0,45 μm) de son emballage, puis on la dépose sur la plaque poreuse de la rampe de filtration ;
- ✓ On agite soigneusement le flacon puis on verse 100 ml d'eau à analyser ;
- ✓ On ouvre le robinet pour laisser l'eau s'écouler ;
- ✓ Dès que la membrane paraît sèche, on enlève le réservoir et on prélève la membrane avec une pince stérile ;
- ✓ On dépose la membrane sur le milieu targétole sans piéger des bulles d'air ;
- ✓ On incube les boîtes des pétries à 37 °C, avec le couvercle vers la bas, pendant 24 heures.

Lecteur des résultats

Après 24 heures d'incubation, toutes les colonies suspectes lactose positif (colonies de couleur jaune) sont comptées puis repiquées sur le milieu TSI pour confirmer la présence de coliformes totaux → test confirmatif (Figure IV.6).

- **Test confirmatif**

- ✓ Pour le milieu TSI, on inocule la colonne isolée à l'aide d'une pipette pasteur stérile à la fois en stries à la surface de l'agar (Plon incline) et par piqure centrale sur toute la profondeur du tube ;
- ✓ Ensuite on incube à 37 °C pendant 24 heures ;
- ✓ Après d'incubation les tubes présentant un virage au jaune avec production de gaz sont considérés comme étant positif c'est-à-dire présence de coliformes (Figure IV.6).

e) Expression des résultats

Le résultat est donné en unité formant colonie (UFC) par 100 ml.

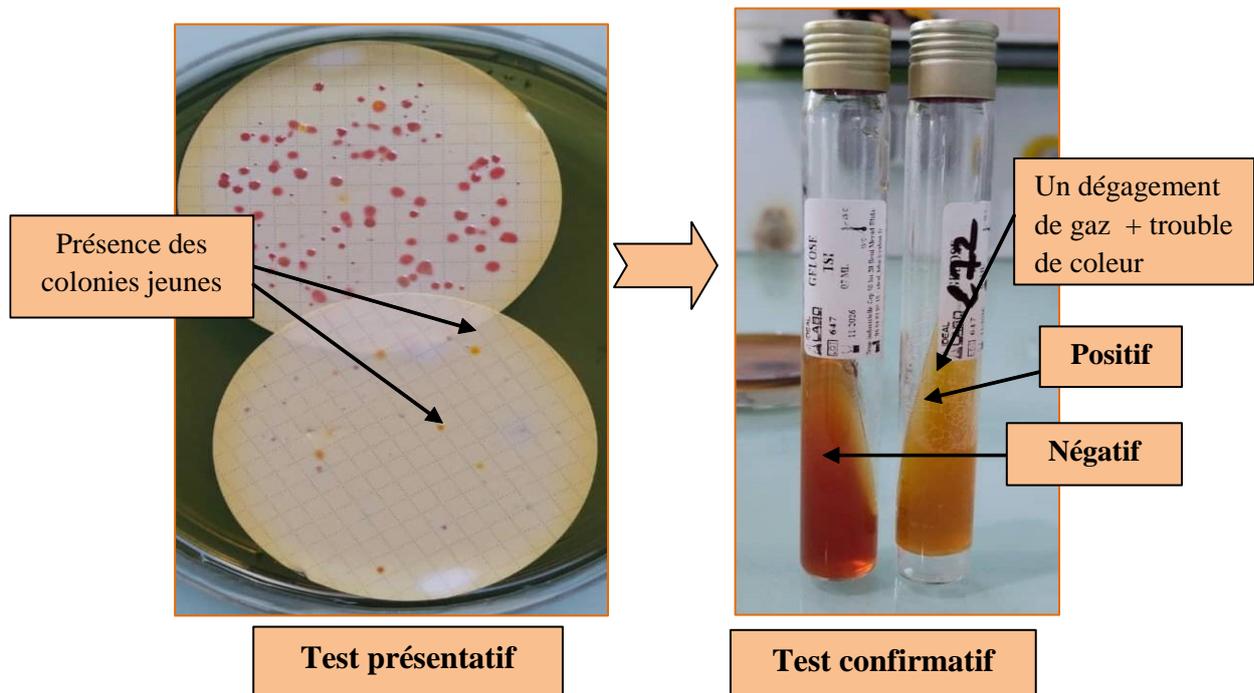


Figure IV.6 : Tests présentatif et confirmatif des coliformes totaux.

IV.5.1.2. Recherche et dénombrement des coliformes fécaux (CF)**a) Matériel et réactifs**

- Milieu Schubert.

b) Mode opératoire

On transfère le contenu de chaque tube de TSI positif dans un tube de Schubert, puis on retourne le contenu du tube de TSI dans le tube de Schubert. Puis on incube à 44 °C pendant 24 heures.

c) Lecture des résultats

Après 24 heures d'incubation, tous les tubes présentant du gaz dans la clochette de Schubert donc contenant des coliformes fécaux (Figure IV.7).

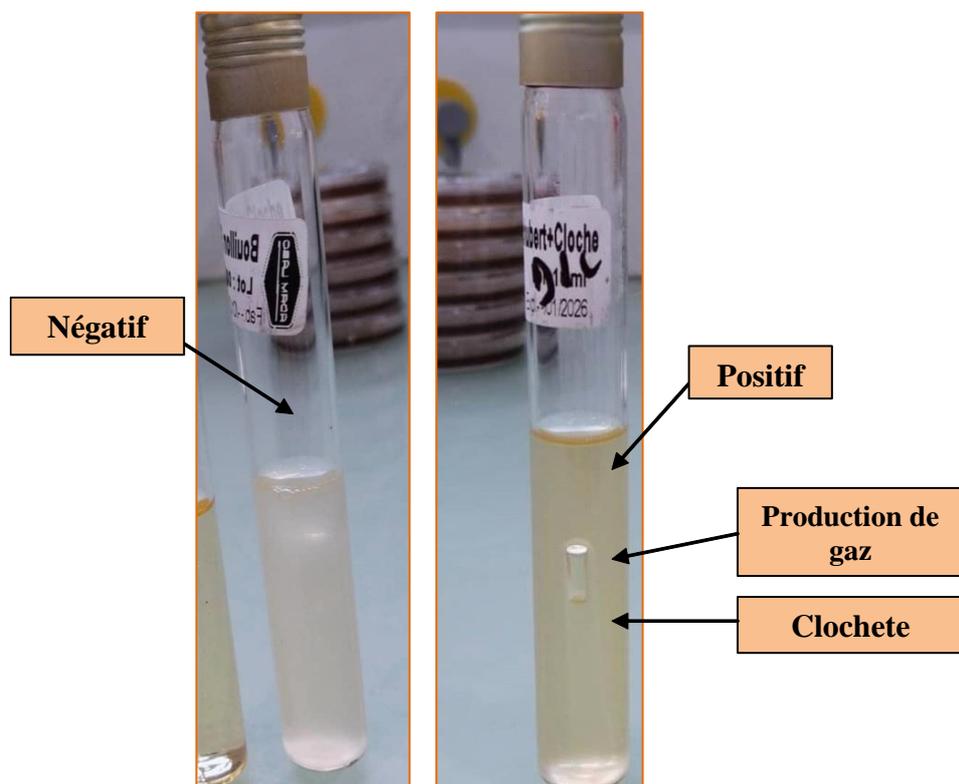


Figure IV.7 : Résultats des coliformes fécaux.

IV.5.1.3. Recherche d'E-coli

a) Réactifs

- Milieu kovacs.

b) Mode opératoire

On inocule le contenu de chaque tube de Schubert positif puis on ajoute 3 gouttes de réactif Kovacs.

c) Lecteur des résultats

L'apparition d'un anneau rouge confirme la présence d'E-coli (Figure IV.8).



Figure IV.8 : Présence d'E-coli.

d) Expression des résultats

Le résultat est donné en UFC par 100 ml.

IV.5.1.4. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux**a) Matériel et réactifs**

- Bac bunsen ;
- Pinces ;
- Membrane 0,45 µm ;
- Incubateur 37 °C et 44 °C ;
- Milieu Slantez ;
- Milieu Bile Esculine Agar (BEA).

b) Mode opératoire

On filtre la même quantité d'eau que pour les coliformes selon la même technique. Le milieu utilisé dans ce cas est le milieu de Slantez. Après filtration, les membranes sont disposées sur le milieu puis incubées à 37 °C pendant 48 heures (Test présentatif) (Figure IV.9).

c) Lecteur des résultats

Les colonies roses ou marron avec un diamètre de 0,5 à 2 mm seraient les streptocoques fécaux. Pour la confirmation (test confirmatif), on transfère la membrane sur le milieu BEA, puis incubée à 44 °C. La lecture se fait après 2 à 3 heures. La présence de noircissement de la colonie confirme la présence des streptocoques fécaux.

d) Expression des résultats

Le résultat est donné en UFC par 100 ml.

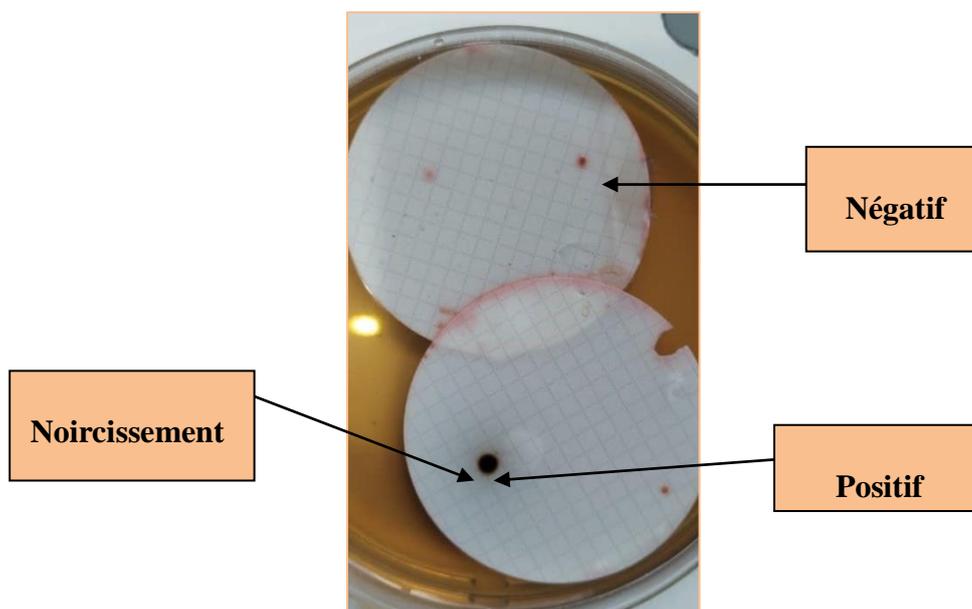


Figure IV.9 : Résultats des streptocoques.

IV.5.2. Analyse bactériologique complète (ABC)

Dans ce type d'analyse, on utilise la technique des tubes multiples. Cette analyse est réalisée pour les eaux non traitées comme les eaux des forages (F1, F2), barrages (B1, B2) et puits (P1, P2).

- **Principe le technique**

Cette méthode permet une multiplication libre des bactéries dans le milieu liquide. Lorsqu'il y a présence de bactéries, le milieu liquide inoculé devient positif, indiqué par un trouble ou un changement de couleur de l'indicateur.

Une évaluation quantitative est réalisable en ajustant les volumes de l'échantillon prélevé. La précision augmente avec le nombre de répliques par dilution, rendant les microplaques de 12 x 8 puits très adaptées à cette méthode. En fonction du nombre de puits positifs dans chaque série, on peut déterminer la valeur statistiquement la plus probable, appelée le nombre le plus probable (NPP) (Figure IV.10). Pour mieux comprendre, on présente un exemple par le tableau IV.3 et les figures IV.10 et IV.11.

A titre d'exemple, le tableau IV.3 présente des résultats, tels que le nombre de tubes positifs pour chaque test est : 2, 2 et 0. Pour déterminer l'indice NNP, on utilise le tableau

IV.8 tel qu'on injecte chaque résultat dans la case correspondante comme le montre la figure IV.11. Alors l'indice NNP est 21.

NOMBRE LE PLUS PROBABLE ET INTERVAL DE CONFIANCE
DANS LE CAS DU SYSTEME D'ENSEMENCEMENT

N°1

Nombre de tubes donnant une réaction positive sur			N.P.P dans 100 ml	Limite de confiance à 95 %	
3 tubes de 10 ml	3 tubes de 1 ml	3 tubes de 0,1 ml		Limite inférieure	Limite supérieure
0	0	1	3	< 0,5	9
0	1	0	3	< 0,5	13
1	0	0	4	< 0,5	20
1	0	1	7	1	21
1	1	0	7	1	23
1	1	1	11	3	36
1	2	0	11	3	36
2	0	0	9	1	36
2	0	1	14	3	37
2	1	0	15	3	44
2	1	1	20	7	89
2	2	0	21	4	47
2	2	1	28	10	149
3	0	0	23	4	120
3	0	1	39	7	130
3	0	2	64	15	379
3	1	0	43	7	210
3	1	1	75	14	230
3	1	2	120	30	380
3	2	0	93	15	380
3	2	1	150	30	440
3	2	2	210	35	470
3	3	0	240	36	1 300
3	3	1	460	71	2 400
3	3	2	1 100	150	4 800

Figure IV.10 : Table de Mac-Crady pour le dénombrement des bactéries.

Tableau IV.3 : Exemple de méthode de tubes multiples.

Echantillons	Lecture des résultats	Nombre des tubes positifs	Indice NNP
03 Tubes (D/C) de 10 ml	+	2	21
	-		
	+		
03 Tubes (S/C) de 1 ml	+	2	
	+		
	-		
03 Tubes (S/C) de 0,1 ml	-	0	
	-		
	-		

Avec : D/C : Double concentration ; S/C : Simple concentration.

Nombre de tubes donnant une réaction positive sur			N.P.P dans 100 ml
3 tubes de 10 ml	3 tubes de 1 ml	3 tubes de 0,1 ml	
0	0	1	3
0	1	0	3
1	0	0	4
1	0	1	7
1	1	0	7
1	1	1	11
1	2	0	11
2	0	0	9
2	0	1	14
2	1	0	15
2	1	1	20
2	2	0	28
3	0	0	23

Note: In the original image, the row with 2, 2, 0 is circled in red, and an arrow points to the value 21 in the N.P.P column.

Figure IV.11 : Expression des résultats.

- **Domaine d'application**

Cette technique est privilégiée pour les eaux brutes, telles que les: de forage, de puits, de source et de barrage.

IV.5.2.1. Recherche et dénombrement des germes totaux**a) Matériel et réactifs**

- Bac benzène ;
- Pipettes pasteurs ;
- Boite pétries ;
- Bain marie ;
- Incubateur 37 °C ;
- Milieu glucose Tryptone à l'extait d'agar (TGEA).

b) Mode opératoire

- ✓ On allume le bec benzène ;
- ✓ Dans la zone stériliser, et à l'aide de pipette pasteur on verse des gouttes de 1 ml d'eau à analyser dans deux boites de pétri stériles vides numérotées ;
- ✓ On dissout le milieu gélosé TGEA dans un bain marie à 100 °C, puis on refroidi à environ 45 °C ;
- ✓ On complète en suite chaque boites avec environ 15 ml de gélose TGEA et on mélange avec des mouvements rotatoires, puis on laisse solidifier ;
- ✓ On retourne les boites et on incube, une pour l'analyse fécale (G 37°) pendant 24 à 48 heures (incubation dans l'étuve), l'autre pour l'analyse du sol (G22°) pendant 72 heures (incubation à air libre). La lecture se fait après chaque 24 heures.

c) Lecteur des résultats

Après l'incubation, on remarque la présence des germes dans l'eau et on observe des colonies blanches dans toute la boite.

d) Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en UFC par 1 ml.

IV.5.2.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux (CT)**a) Matériel et réactifs**

- 3 Tube Bouillon lactose au pourpre de bromocrésolé (BCPL) (D/C) 10 ml ;
- 3 Tube BCPL (S/C) 1 ml ;
- 3 Tube BCPL (S/C) 0,1 ml ;
- Incubateur 37 °C.

b) Mode Opératoire

Dans la zone stérile, on prend :

- ✓ 3 tubes de 10 ml de BCPL double concentration munis d'une cloche avec 10 ml d'eau analysée ;
- ✓ 3 tubes de 10 ml de BCPL de simple concentration munis d'une cloche avec 1 ml d'eau ;
- ✓ 3 tubes de 10 ml de BCPL de simple concentration munis d'une cloche avec 0,1 ml d'eau ;
- ✓ On mélange bien le milieu et on chasse le gaz présent éventuellement dans les cloches ;
- ✓ On incube les tubes à 37 °C pendant 48 heures.

c) Lecture des résultats

Après l'incubation, tous les tubes présentant une culture avec un virage du violet au jaune et de gaz dans les cloches seront considérés comme positif (Figure IV.12).

d) Expression des résultats

On effectue selon les prescriptions de la table Mac Grady NPP pour obtenir le nombre le plus probable des coliformes totaux dans 100 ml d'eau à analyser.

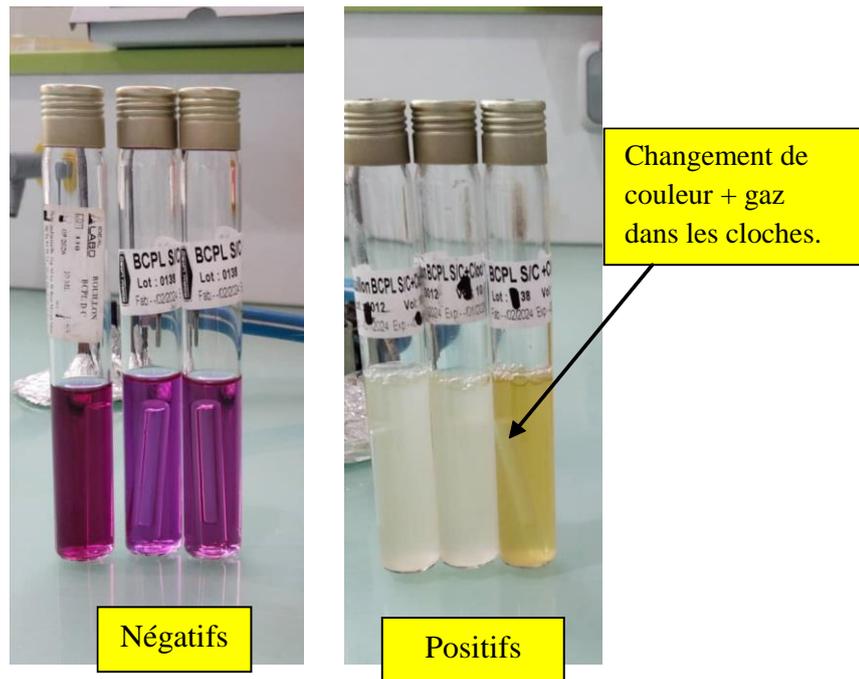


Figure IV.12 : Résultats BCPL .

IV.5.2.3. Recherche et dénombrement des coliformes fécaux (CF)

a) Matériel et réactifs

- Milieu Schubert ;
- Incubateur 44 °C.

b) Mode opératoire

- ✓ On repique chaque tube positif de BCPL avec le Schubert ;
- ✓ On mélange jusque le remplissage de la cloche ;
- ✓ On incube les tubes Schubert à 44 °C pendant 48 heures.

c) Lecture des résultats

Après incubation, on considère tous les tubes avec un dégagement de gaz et trouble de couleur comme positif (comme pour les coliformes totaux).

IV.5.2.4. Recherche et dénombrement d'E-coli**a) Matériel et réactifs**

- Milieu Kovacs.

b) Mode opératoire

On inocule le contenu de chaque tube de Schubert positif avec 3 gouttes de réactif de Kovacs.

c) Lecture des résultats

L'apparition d'un anneau rouge confirme la présence d'E-coli.

Le schéma présenté par la figure IV.13, résume tout les étapes de recherche des coliformes totaux, fécaux et E-coli par la méthode de tubes multiples.

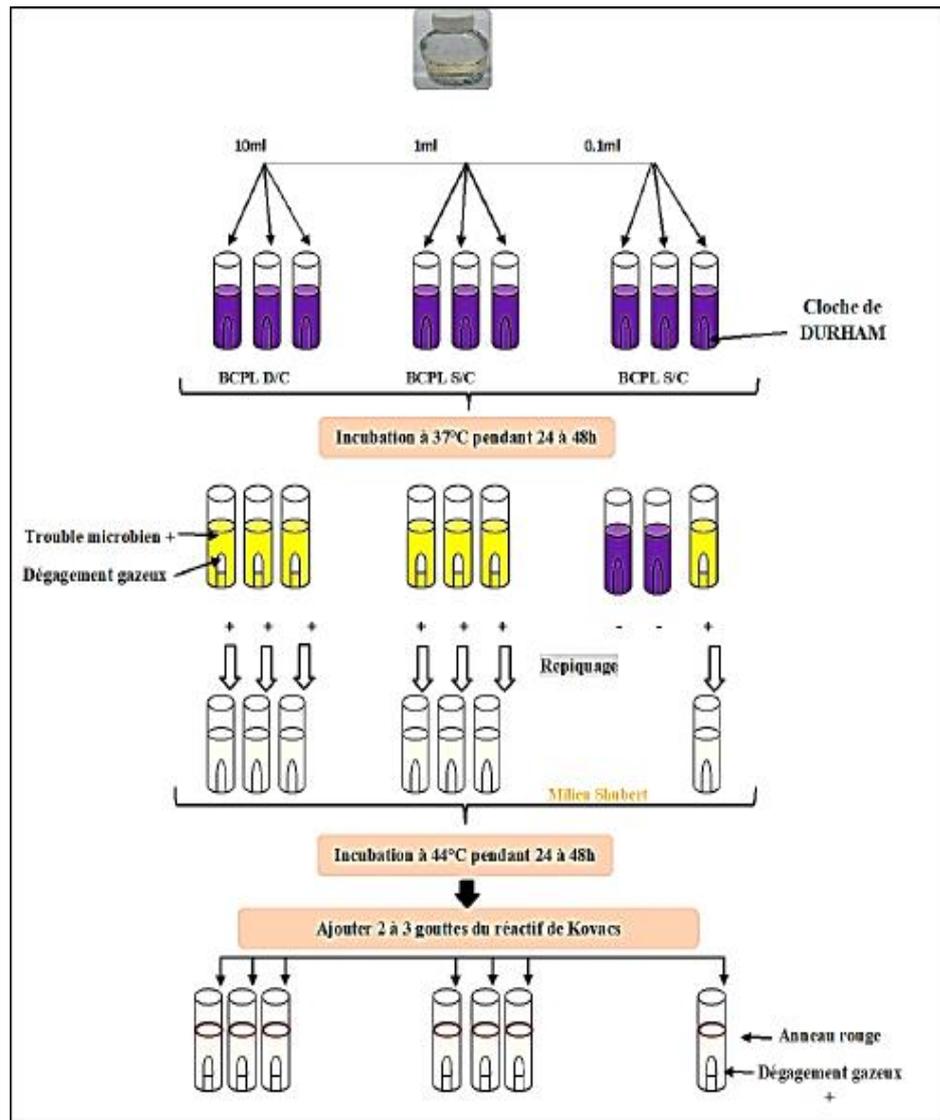


Figure IV.13 : Technique de recherche simultanément et dénombrement des coliformes et E-coli.

IV.5.2.5. Recherche et dénombrement de streptocoques fécaux

a) Matériel et réactifs

- 3 Tubes de bouillon Rothe (D/C) 10 ml ;
- 3 Tubes de bouillon Rothe (S/C) 1 ml ;
- 3 Tubes de bouillon Rothe (S/C) 0,1 ml ;
- Incubateur 37 °C ;
- Milieu Eva Letsky.

b) Mode opératoire**a) Test présentatif**

A partir de l'eau à analyser :

- ✓ On ensemence :
 - 3 Tubes de bouillon Rothe de double concentration avec 10 ml de l'échantillon ;
 - 3 Tubes de bouillon Rothe de simple concentration avec 1 ml de l'échantillon ;
 - 3 Tubes de bouillon Rothe de simple concentration avec 0,1 ml de l'échantillon ;
- ✓ On homogénéise soigneusement par agitation le contenu des tubes ;
- ✓ On incube les tubes à 37 °C pendant 48 heures.

➤ Lecture des résultats

Les tubes présentant un trouble microbien seront considérés comme susceptibles de contenir un streptocoque fécal (Figure IV.15).

b) Test confirmatif

- ✓ On prélève de chacun des tubes de Rothe positifs, et on fait un repiquage dans des tubes contenant le milieu Eva Letsky ;
- ✓ On mélange bien le milieu ;
- ✓ On incube les tubes à 37 °C pendant 48 heures.

➤ Lecture des résultats

Les tubes présentant un trouble de couleur et un dépôt une pastille blanchâtre au fond des tubes, seront considérés comme positifs (figure IV.15).

➤ Expressions de résultats

Le nombre de streptocoques fécaux effectué selon les prescriptions de la table du NPP, et présenté par 100 ml de l'échantillon.

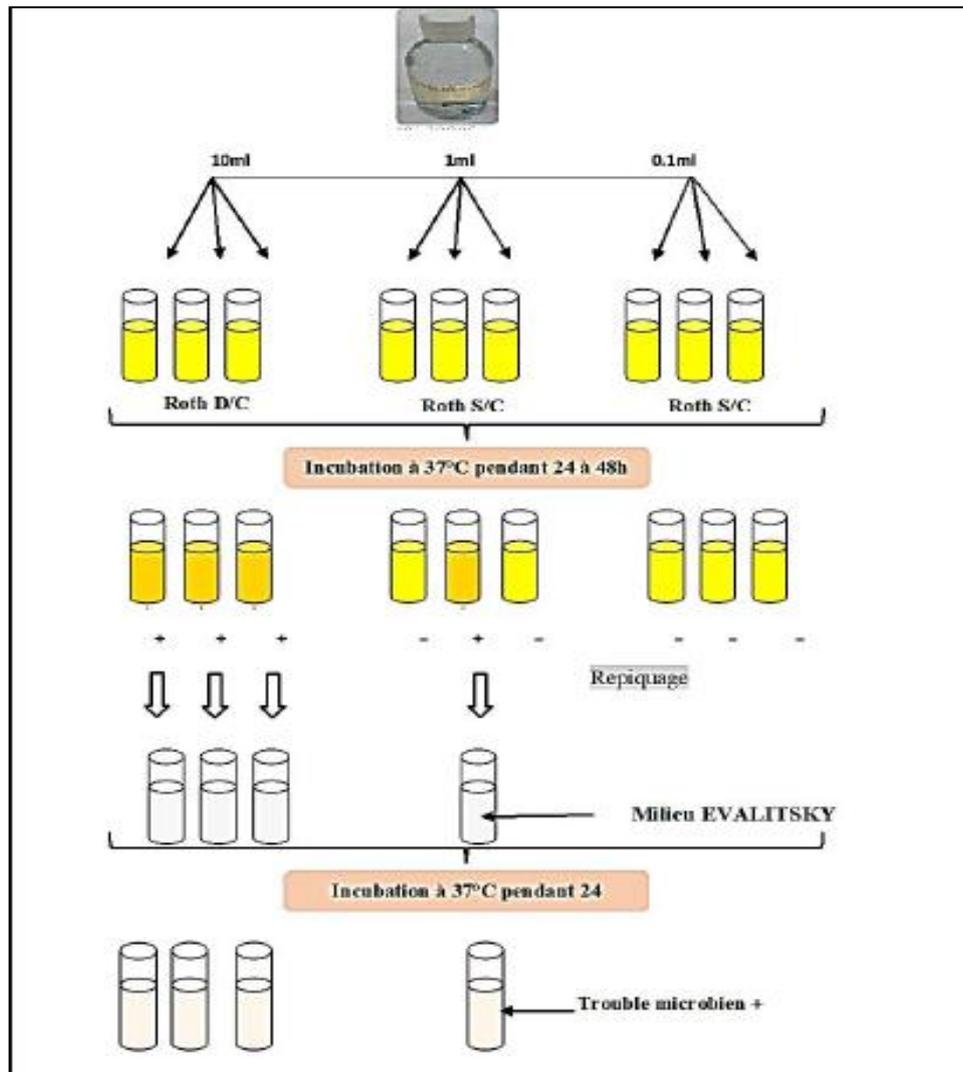


Figure IV.14 : Technique de recherche et dénombrement des streptocoques.



Figure IV.15 : Résultats positifs et négatifs des streptocoques.

IV.5.2.6. Recherche et dénombrement de Clostridium sulfito réducteur

a) Matériel et réactifs

- Bain marie ;
- Rompe filtrante ;
- Membrane 0,22 μ m ;
- Boîtes pétries ;
- Incubateur 37 °C ;
- Milieu viande de foie.

b) Mode opératoire

- ✓ On porte un flacon de 250 ml de l'eau à analyser dans un bain marie à 80 °C pendant 10 minutes ;
- ✓ Puis on refroidit rapidement par l'eau de robinet pour appliquer un choc thermique dont le but de détruire tous les formes végétatifs et reste seulement la forme sporulée des bactéries sulfito-réducteurs ;

- ✓ On fait la filtration sur la membrane de porosité 0,22 μm stérile ;
- ✓ On dépose inversement la membrane sur la boîte de pétrie, puis on coule le milieu de viande de foie sur la membrane ;
- ✓ On incube la boîte de pétrie à 37 °C pendant 24 heures.

➤ **Lecture des résultats**

Après d'incubation, le résultat sera considéré comme positif, si la boîte contient des colonies noires, correspondant au *Clostridium sulfito-réducteur* comme le montre la figure IV.16.

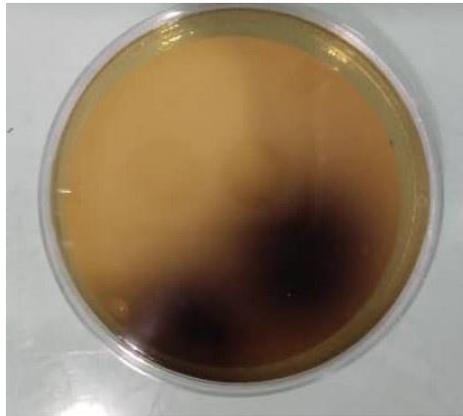


Figure IV.16 : *Clostridium sulfito-réducteur*.

Le tableau IV.4 résume les détails des techniques utilisés pour notre étude.

Tableau IV.4 : Méthodes et les milieux cultures utilisés pour l'analyse bactériologique dans cette étude

Analyse bactériologique réduite (ABR)	Bactéries recherchées	Technique	Volum e	Milieu principal	Incubatio n	Milieu confirmatif
	Coliforme totaux	Filtration sur membrane (0,45 µm)	100 ml	Tergitol	37 °C	TSI
	Coliforme fécaux	Filtration sur membrane (0,45 µm)	100 ml	Schubert	44 °C	/
	E-coli	Filtration sur membrane (0,45 µm)	100 ml	Kovacs	Sur place	/
	Streptocoque	Filtration sur membrane (0,45µm)	100 ml	Slanetz	37 °C	BEA
	coliformes T/F	Technique des tubes multiples	100 ml	BCPL	44 °C	/
E-coli	100 ml		Kovacs	37 °C	/	
Streptocoque	100 ml		Roth	37 °C	Eva letsky	
Analyse bactériologique complète (ABC)	Germes	Etalement en surface	0,1 ml	TGEA	37 °C	/
	Clustridium (CSR)	Filtration sur membrane (0,22 µm)	100 ml	Viande de foie	37 °C	/

IV.6. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les protocoles expérimentaux et les équipements nécessaires pour réaliser les différentes analyses bactériologiques au niveau de laboratoire de contrôle de qualité ADE de Bouira pour différentes sources d'eau.

Chapitre V

Résultats et discussions

V.1. Introduction

La qualité microbiologique (ou bactériologique) des eaux présente un facteur important lors de l'étude de sa potabilité, pour cela on a procédé à la recherche de différents groupes bactériens des différentes sources d'eau de la région de Bouira. Au cours de ce chapitre, nous présenterons les résultats des analyses bactériologiques des 08 sources d'eau (R1, R2, B1, B2, F1, F2, P1, P2), et nous discuterons leur potabilité de point de vu bactériologique.

V.2. Contrôle de la qualité microbienne des eaux de robinet

Le tableau V.1, présente les résultats d'analyse de recherche et dénombrement des coliformes totaux, coliformes fécaux, E-coli et les streptocoques fécaux par la méthode filtration par trompe (ABR). Les résultats d'analyse sont donnés en UFC/100 ml.

Tableau V.1 : Résultats d'analyse des eaux de robinets (Méthode ABR).

Echantillon	CT (UFC/100 ml)	CF (UFC/100 ml)	E-coli (UFC/100 ml)	Streptocoque (UFC/100 ml)
R1	0	0	0	0
R2	0	0	0	0

Selon les résultats présentés par le tableau V.1, nous pouvons dire que les eaux du robinet des deux sources R1 et R2, sont parfaitement exemptes de bactéries et de germes nuisibles. Nous pouvons conclure que ces eaux sont de bonne qualité bactériologique et ne sont pas contaminées par des eaux de réseaux d'assainissement ou autres. Donc, ces eaux de robinet sont tout à fait propres à la consommation et à l'usage quotidien et ne posent aucun risque pour la santé humaine.

V.2. Contrôle de qualité microbienne des eaux des barrages

Le tableau V.2 présente les résultats de l'analyse de recherche et dénombrement des coliformes totaux, coliformes fécaux, E-coli, les streptocoques fécaux, ainsi que les germes à 22 °C et à 37 °C ainsi le Clostridium sulfito-réducteur par la méthode des tubes multiples (ABC). Les résultats d'analyse sont donnés en germes/100 ml.

Tableau V.2 : Résultats d'analyse des eaux des barrages (Méthode ABC).

	Echantillons	
	B1	B2
CT (germes/100ml)	1100	14
CF (germes/100ml)	1100	0
E-coli (germes/100ml)	190	0
Streptocoques (germes/100ml)	1100	4
G22°C (germes/100ml)	860	5
G37°C (germes/100ml)	540	12
CSR (germes/100ml)	4	0

D'après le tableau V.2, le premier échantillon du barrage de Lakhal 'B1', il est dans un état catastrophique de point de vu microbien, tel qu'on a détecté tous les bactéries indicatrices de contamination fécale et des germes pathogènes en le comparant avec le deuxième échantillon d'eau de barrage de Tilesdit 'B2'. Pour les coliformes totaux sont, respectivement, 1100 et 14 germes/100 ml pour les eaux B1 et B2. On remarque aussi que dans l'eau 'B2' il y a absences totale des coliformes fécaux et E-coli contrairement à l'eau B1, alors que l'eau B1 contient 1100 germes/100 ml des coliformes fécaux et 190 germes/100ml d'E-coli. Pour les streptocoques fécaux sont estimées par 1100 germes/100 ml pour l'eau B1, tandis que sont de 4 germes/100 ml dans l'eau B2. Concernant les germes à 22 et 37 °C sont présents avec de grande concentration dans l'eau B1 (860 et 540

germes /100 ml) que dans l'eau B2 (5 et 12 germes /100 ml) ainsi que le CSR est absent dans l'eau B2 et présent avec 4 germes /100 ml) dans l'eau B1.

Pour l'eau B1, la présence des coliformes fécaux prouve l'existence d'une contamination fécale de cette eau. Ainsi que, la présence d'E-coli indique une pollution fécale récente.

Pour le 'B2', la présence des streptocoques fécaux peut-être due à une ancienne contamination fécale car ils sont des bactéries résistantes, et on peut dire que les germes sont des bactéries qui peuvent être provenir du sol.

On conclure que l'eau de barrage B1 est dans un état critique car tous les espaces nuisibles sont présents et en très grande concentration. Cela peut être expliqué par le rejet de l'effluent de la station de 'Sour El Ghoulzene' (ville voisine), qui n'est pas bien traité à cause de mauvais fonctionnement de la station. L'effluent non traité de cette station est rejeté dans l'oued qui alimente ce barrage. Alors pour réduire la concentration de ces espèces pathogènes ou les éliminer, il faut le rejet de la station soit traité. Des mesures sérieuses et urgentes doivent être prises pour son utilisation avant de provoquer une catastrophe.

Par ailleurs, l'eau B2 est de mauvaise qualité car elle ne répond pas aux normes de potabilité. Donc elle doit subir une désinfection comme elle peut être utilisée en irrigation si elle répondre aux normes bien sûr.

V.3. Contrôle de qualité microbienne des eaux des puits

Le tableau V.3 présente les résultats de l'analyse de recherche et dénombrement des : CT, CF, E-coli, les streptocoques fécaux, les germes G22° et G37°, ainsi que les CSR par la méthode des tubes multiples (ABC). Les résultats d'analyse sont donné en germes/100 ml.

Tableau V.3 : Résultats d'analyse des eaux des puits (Méthode ABC).

	Echantillons	
	P1	P2
CT (germes/100 ml)	244	0
CF (germes/100 ml)	34	0
E-coli (germes/100 ml)	0	0
Streptocoques (germes/100 ml)	0	0
G22° (germes /100 ml)	124	0
G37° (germes/ 100 ml)	122	0
CSR (germes/100ml)	0	0

On remarque, d'après le tableau, que les eaux de premier puits 'P1' contiennent des CT avec 244 germes/ 100 ml et de CF avec 340 germes/100 ml ainsi que des germes à 22 °C (124 germes/100 ml) et à 37°C (122 germes/100 ml), et 0 germes /100 ml de CSR. On observe aussi l'absence d'E.coli et des streptocoques fécaux. Ces résultats peuvent indiquer une ancienne contamination fécale à cause de l'existence de CSR. Cette contamination peut-être due à l'infiltration des eaux des fosses septiques dans le sol. Enfin, on conclue que l'eau P1 ne peut pas être utilisée pour la consommation humaine.

L'eau de puits 'P2' présente l'absence totale des bactéries recherchées, donc elle est de bonne qualité microbiologique et elle est propre pour la consommation humaine puisque elle répond aux normes de portabilité.

V.4. Contrôle de qualité microbienne des eaux des forages

Le tableau V.4 présente les résultats de l'analyse de recherche et dénombrement des espèces recherchées par la méthode des tubes multiples (ABC). Les résultats d'analyse sont donnés en germes/100 ml.

Tableau V.4 : Résultats d'analyse des eaux des forages (Méthode ABC).

	Echantillons	
	F1	F2
CT (germes/100 ml)	0	14
CF (germes/100 ml)	0	0
E-coli (germes/100 ml)	0	0
Streptocoque (germes/100 ml)	0	0
G22°C (germes/100 ml)	0	12
G37°C (germes/100 ml)	0	14
CSR (germes/100 ml)	0	0

À partir de tableau V.4, on peut dire que les eaux de premier forage situé à Lasnam 'F1' est de bonne qualité microbiologique, tel qu'on a trouvé l'absence de toutes les espèces recherchées. Donc ce forage est de bonne qualité pour la consommation et l'usage quotidien des êtres humains.

Par contre, nous avons trouvé pour le deuxième forage situé à Bouira 'F2', la présence des CT (14 germes/100 ml) et les germes G22° et G37° (respectivement 12 et 14 germes /100 ml) avec absence des coliformes fécaux, E-coli, streptocoques fécaux et Clostridium sulfito-réducteur.

Par ailleurs, de préférence il faut assurer une désinfection aux eaux 'F2'. Pour augmenter sa qualité microbiologique. Les eaux de ce forage peuvent aussi être destinées à l'irrigation si elles répondent aux normes correspondantes.

La figure V.1 illustre les résultats des analyses trouvés pour les échantillons d'eau qui ne dépendent pas aux normes de potabilité.

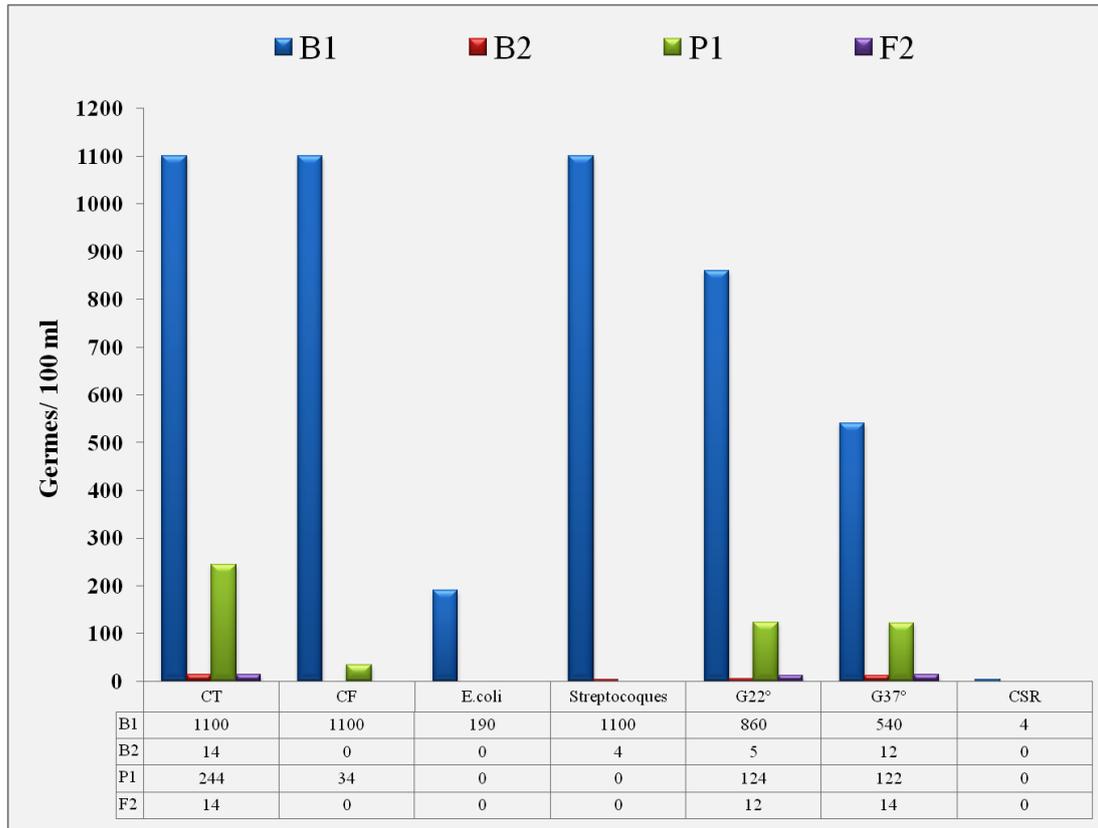


Figure V.1 : Comparaison de la qualité des eaux : B1, B2, P1 et F2

D'après cette figure, l'eau de barrage B1 est la plus polluée par rapport aux autres sources, et les concentrations des espèces recherchées sont très élevées.

V.3. Conclusion

Les analyses microbiologiques de R1, R2, P2 et F1 montrent que ces eaux répondent aux normes de potabilité. Elles sont consommables et propres aux usages quotidiens car elles sont exemptes de bactéries pathogènes.

Pour le B1, on recommande un arrêt de distribution dans l'immédiatement, avant qu'une catastrophe arrive.

Pour le reste, on recommande une désinfection avec un contrôle quotidien ou bien leur utilisation dans d'autres usages comme l'irrigation.

Conclusion Générale

Conclusion générale

Il est essentiel de contrôler la qualité microbiologique de l'eau avant sa consommation pour éviter les maladies d'origine hydrique. Des campagnes de sensibilisation sont nécessaires pour limiter les dépenses de santé liées aux maladies causées par la consommation d'eau polluée.

Notre étude a été réalisée au niveau de laboratoire de qualité unité de Bouira, et qui a visé à évaluer la potabilité de l'eau de 08 différents types d'eau en effectuant des analyses bactériologiques.

Les espèces recherchées sont : des coliformes totaux, des coliformes fécaux, E-coli, les streptocoques, les germes de 22 et 37°C ainsi que les Clostridium sulfito-réducteur.

Les résultats trouvés ont montré que l'eau des R1, R2 et P2 et du F1 est de bonne qualité bactériologique, sans présence significative de germes nocifs, ce qui en fait une source d'eau potable sûre.

En revanche, l'eau des sources du Barrage Lakhal (B1) et du puits Aghbalo (P1) s'est révélée non potables en raison d'une contamination bactériologique nécessitant une désinfection et un traitement.

La qualité de l'eau des B2 et F2 est potable, mais elle nécessite un contrôle bactériologique régulier.

Il est crucial de prendre des mesures préventives, telles que des contrôles réguliers et une surveillance accrue des sources d'eau pour minimiser les risques de maladies d'origine hydrique. L'analyse des eaux souterraines provenant des puits doit être effectuée pour garantir leur qualité pour un usage domestique. De plus, il est essentiel de traiter les eaux usées avant leur rejet dans l'environnement et de mettre en place des installations de traitement pour assurer la protection du milieu récepteur, les eaux souterraines, et de même d'éviter la contamination accidentelle de l'eau potable.

En conclusion, la protection et la gestion responsable des ressources en eau sont essentielles pour préserver la santé publique et l'environnement.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

A

- ✚ Algérienne des Eaux – unité de Bouira.
- ✚ **Ayachi, I., Yamoun N., (2019).** Contribution à l'étude et à l'évaluation de la qualité bactériologique des eaux de puits et de sources de la Wilaya de Constantine. Mémoire de Master, Université des Frères Mentouri Constantine.1-6-7-22-44p.

B

- ✚ **Bazine, N., et Bourenane, A., (2011).** Evaluation de la qualité bactériologique des eaux de l'oued Messida (parc national d'El kala, W, d'El-Taref). Mémoire de Master. Université de 08 Mai 1945 Guelma.
- ✚ **Beauchamp, M., (2006).** La gestion du l'eau au québec. bureau d'audiences.
- ✚ **Belkacemi, R., (2017).** Invest in algérie wilaya de Bouira.
- ✚ **Borglin, J., (2001).** Propriétés des eaux naturelles. Dossier N° G1110. Environnement Technologies de l'eau. technique de l'ingénieur.
- ✚ **BOURGEOIS, L., (1992).** Microbiologie alimentaire : aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Edition Lavoisier.
- ✚ **Bouziani, M., (2000).** L'eau de la pénurie aux maladies. Edition Ibn Khaldoun.

D

- ✚ **Découpage administratif, N° 57, (16 juillet 1974).** Journal Officiel de la République Algérienne.
- ✚ **Décret exécutif n° :01-101, (du 21 avril 2001).** Journal officiel de la république algérienne démocratique et populaire. Convention et accords internationaux – Lois et décrets, arrêtes, décisions, avis, communications et annonces.
- ✚ **Degremont, (2005).** Mémento technique de l'eau. Lavoisier SAS Lexique technique de l'eau. Paris. dixième édition.
- ✚ **Delarras, C., (2007).** Surveillance sanitaire et microbiologiques des eaux. édition. TEC et DOC. pp (103-333-403-357). France.

F

- ✚ **Franck, R., (2002).** analyse de l'eau. aspect réglementation et techniques. centre régional des documents pédologique d'Aquitaine. 360 Pages (15-88).

G

- ✚ **Grosclaude, G (2000).** L'eau : Tome 2. Usages et polluants. INRA. Paris.

H

- ✚ **HOUNSOUNOU O., Micheline AGASSOUNON DJIKPO TCHIBOZO., Nelly C. KELOME., Expédit W. VISSIN., Guy A. MENSAH et Euloge AGBOSSOU (2016).** Pollution des eaux à usages domestiques dans les milieux urbains défavorisés des pays en développement : Synthèse bibliographique. International Journal of Biological and Chemical 10(5): 2392-2412, Bénin.

J

- ✚ **Journal officiel de la république Algérienne N°18 (2000).** Normes Algériennes de consommation humaine.

K

- ✚ **Koller, F (2004).** Traitement de la pollution industrielle : eaux, air, déchets, sols, boues. Edition DUNOD. 424p.
- ✚ **Kourchi (2010).** Achèvement du système d'épuration de la ville de Draa el mizan. Mémoire fin d'étude UMMTO. p27.
- ✚ **Kreisel, W (1991).** Water quality and health. Paris. Donod. 209 p.
- ✚ Laboratoire central-unité de Bouira.

L

- ✚ **Lajoux, H (2007).** L'eau potable : le lait de femme et le lait de vache. 3^{ème} édition. Université de Harvard.
- ✚ **Lamy, M (1995).** l'eau de la nature et des hommes. presses universitaires de Bordeaux.
- ✚ **Lesne, J (1998).** Hygiène publique : microbiologie et gestion de l'eau. Ecole nationale de la santé publique. Rebbes. France. 07 p.

M

- ✚ **Margat et Monition (1990).** Les eaux souterraines : Organisation gestion et protection. Département d'Hydrogéologie à Orléans-La Source en France.
- ✚ **Maural, A (2001).** Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres.
- ✚ Ministère de l'hydraulique : <http://> Copyright Algérienne des Eaux 2022.
- ✚ **Molinie, L (2009).** Dispositifs rustiques d'alimentation et de traitement de l'eau potable pour des services de petites tailles en régions défavorisées. Agro Paris Tech-ENGREF à Montpellier en France.

O

✚ **OMS (2006).** Les lignes directrices de l'OMS en ce qui concerne la qualité de l'eau potable. mises à jour en 2006. Organisation Mondiale de la Santé. Genève. Suisse.

P

✚ **Payment, P., et Pintar, K (2006).** Microorganismes pathogènes transmis par la voie hydrique: une évaluation critique des méthodes, des résultats et de leur interprétation. Revue des sciences de l'eau. vol. 19. no 3. p. 233-245.

R

✚ **Rejsek, F (2002).** Analyse des eaux : aspect réglementaire et techniques. Tome I .Edition Scrérén CRDPA quitaine. Bordeaux. 71. P144.

✚ **Rezig, A., Saggai, S., Baloul, D., Dahmani, S., Bouamria, M., Djafer Khodja, H (2021).** Groundwater pollution risk in the region of Bouira (north center of Algeria): Origin and consequences on health. Journal of Fundamental and Applied Sciences. ISSN 1112-9867.

✚ **Rodier, J (1996).** Analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 6^{ème} édition. Paris.

✚ **Rodier J, Legube B, Marlet N, et al (2009).** L'Analyse de l'eau, 9ème édition, Dunod, Paris, 1579 p.

✚ **Rodier, J (1996).** L'analyse de l'eau, Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 8^{ème} édition, Paris, pp. 799-780.

S

✚ **Santé Canada (2022).** Recommandation pour la qualité des eaux potables. document technique.

ANNEXE

Tableau A.1 : Normes de l'eau potable

Caractéristiques	Unité	Norme (OMS, 2006)	Norme (Algérienne, 2000)
Caractéristiques organoleptiques			
Turbidité	NTU	<5	Au maximum 2
Couleur	mg/l de platine	15	Au maximum 25
Odeur	Seuil de perception à 25°C	4	Au maximum 4
Saveur	Seuil de perception à 25°C	2	Au maximum 4
Caractéristiques physico-chimiques			
Température	°C	≤ 25	-
pH	-	6,5 à 8,5	6,5 à 8,5
Conductivité	µs/cm	2800	Au maximum 2800
Résidus secs	mg/l après séchage	Max 2000	1,5 à 2
Alcalinité totale	°f (degré français)	≥ 2,5	-
Dureté totale	°f (degré français)	≤ 15	10 à 50
Chlorure	mg/l de Cl ⁻	200	200 à 500
Sulfates	mg/l de de SO ₄ ²⁻	200	200 à 400
Sodium	mg/l de Na ⁺	200	200
Nitrates	mg/l	(voir azote)	Au maximum 50
Nitrites	mg/l	(voir azote)	Au maximum 0,1
Ammonium	mg/l	0,5	Au maximum 0,5
phosphate	mg/l	0,5	-

Tableau A.2 : Normes des substances indésirables d'une eau potable

Paramètres indésirables	Unité	Norme (OMS, 2006)	Norme (ADE, 2005)	Norme (Algérienne, 2000)
Azote	mg/l	50	Non mentionnée	Au maximum 1
Fluor	mg/l	1,5	1,5	0,2 à 2
Hydrogène sulfuré	mg/l	0.05 à 1	-	Peut être décelable organoleptique
Fer	mg/l	0,3	0,2	Au maximum 0,3
Manganèse	mg/l	0,5	0,05	Au maximum 0,5
Cuivre	mg/l	2	2	Au maximum 1,5
Zinc	mg/l	3	Non mentionnée	Au maximum 5
Argent	mg/l	-	-	Au maximum 0,05

Tableau A.3 : Normes des substances toxique d'une eau potable.

Paramètres Toxiques	Unité	Norme (OMS, 2006)	Norme (Algérienne, 2000)
Arsenic	mg/l	0,01	Au maximum 0,05
Cadmium	mg/l	0,003	Au maximum 0,01
Cyanure	mg/l	0,07	Au maximum 0,05
Chrome	mg/l	0,05	Au maximum 0,05
Mercure	mg/l	0,001	Au maximum 0,01
Plomb	mg/l	0,01	Au maximum 0,05
Sélénium	mg/l	0,01	Au maximum 0,01