

République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة 8 ماي 1945 قالمة
Université 8 Mai 1945 Guelma
Faculté de Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences Biologiques
Spécialité/Option : Biologie Moléculaire et Cellulaire
Département : Biologie

Thème

Les maladies à transmission hydrique

Présenté par :

BENSOUILAH FATIMA ZAHRA

KHELILE NESSRINE

Devant le jury :

Président :	DJAMAA F.	M.C.B	Université de Guelma
Examineur :	AIMENE W.	M.C.B	Université de Guelma
Encadrant :	ROUAIGUIA M.	M.C. B	Université de Guelma

Année universitaire : 2024/2025



إهداء

إلى أرواح طلبة غزة الذين خطّوا بدمائهم الطاهرة طريق العلم والحرية،
إلى أولئك الذين حملوا القلم بيد، والصبر باليد الأخرى، حتى وهم تحت الحصار والنار،
إلى الشهداء الذين لم يُكملوا دريهم الدراسي، لكنهم أكملوا درب الكرامة والعزة،
إليكم يا من علمتمونا أن المقاومة تبدأ بالفكرة، وبأن العلم في فلسطين شهادة.

وإلى الشعب الفلسطيني الصامد،
شعب الجراح التي لا تنزف ضعفاً، بل عزيمة،
شعب المخيمات والمآذن والزيتون،
لكم كل الإجلال، أنتم النبض الحرفي زمن القهر.

هذا العمل إهداء لذكراكم الخالدة،

ولصوتكم الذي لا يموت.



Remerciement

Tout d'abord, nous adressons nos remerciements les plus sincères aux membres du jury : À Madame **DJAMAA Fatma**, Maitre de conférences B à l'Université de Guelma pour avoir accepté avec honneur de présider ce jury et pour l'attention portée à l'évaluation de notre travail.

À Madame **AIMENE Wissem**, Maitre de conférences B à l'Université de Guelma pour sa bienveillance et pour avoir accepté de participer à l'examen de ce mémoire.

Nos sincères remerciements et notre profond respect vont à notre encadreur, "Madame **ROUAIGUIA Meriem**", Maitre de conférences B à l'Université de Guelma pour sa patience, sa confiance et son accompagnement constant tout au long de ce travail. Nous lui exprimons toute notre gratitude pour sa disponibilité sans faille, la pertinence de ses conseils, ainsi que ses encouragements qui ont été d'un grand soutien. Nous la remercions également pour avoir mis à notre disposition les moyens et ressources nécessaires à la réalisation de ce mémoire.

Nos remerciements s'étendent à l'ensemble des enseignants de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, et des Sciences de la Terre et de l'Univers, qui nous ont transmis leur savoir et accompagné depuis la première année.

Nous remercions chaleureusement le groupe du laboratoire de microbiologie pour leur aide précieuse dans la réalisation des analyses bactériologiques.

Un remerciement tout particulier à Madame **ADILI Amina**, ingénieure de laboratoire, pour son soutien pratique et moral, ainsi que pour sa disponibilité et son implication à chaque étape de notre travail expérimental.

Enfin, nous exprimons notre reconnaissance à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la concrétisation de ce projet, ainsi qu'à nos proches pour leur soutien constant. Nous souhaitons également une belle réussite à l'ensemble de nos collègues du Master 2 Sciences Biologiques – option Biologie Moléculaire et Cellulaire (BMC), promotion 2025, en espérant à chacun un avenir professionnel épanouissant.



Dédicace

Je dédie ce mémoire, avant tout, à mes chers parents, pour leur amour infini, leur patience, leurs sacrifices silencieux, et pour avoir toujours cru en moi, même dans les moments de doute.

Ce travail est le fruit de votre soutien indéfectible. À ma famille, mon frère Mouhamed Fakh El Islam, mes sœurs " Meriem, Hadjer et Amina" et à leurs enfants "Douceline djoudi Nourcine Ouais et Sandi, pour leur présence, leurs encouragements et leurs mots rassurants qui m'ont accompagnée tout au long de ce parcours.

À mes frères et sœurs de cœur, que la vie m'a donné en cadeau Said Ali Zahra Fatiha Hanan Rima Selma et leurs petits Djana fadjr Baraa et Ghaïth. À mes oncles, mes tantes « Tima et Hassiba », À mes cousins et cousines.

*À la mémoire de ceux que j'ai perdus dans cette vie, mais qui continuent de vivre dans mon cœur chaque jour « **YOUMA et RADOUAN** ». Qu'Allah leur accorde Sa miséricorde.*

*À mes amies **Rayane Aya Takwa Malak Ikram Rania Ines Nessrine** et ma chère binôme **Nessrine** et mes collègues, pour les souvenirs partagés, les encouragements, l'entraide et les éclats de rire qui ont rendu ces années plus légères.*

Spécialement à Madame Rouaiguia Meriem, mon encadrante, pour sa confiance, sa bienveillance et sa précieuse guidance tout au long de ce travail. Et enfin, à moi-même, pour ne pas avoir abandonné, pour avoir cru que chaque effort finirait par porter ses fruits

F. ZAHRA



Dédicace

*Tout d'abord, je tiens à remercier **Dieu** de m'avoir donné la force et le courage nécessaires pour mener à bien ce modeste travail.*

Du fond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers :

À mes chers parents

Aucun mot ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma gratitude pour les sacrifices que vous avez consentis pour mon bien-être. Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance, et j'espère que votre bénédiction m'accompagnera toujours. Que ce modeste travail soit l'accomplissement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices. Puisse Dieu, le Très-Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie.

À mes merveilleuses sœurs, Bouchra, Wissal et Arafa

Chacun de vos sourires a illuminé mon chemin,

Chaque mot d'encouragement a nourri mes rêves.

À travers ce travail, je célèbre notre lien indéfectible,

Merci d'avoir été mes anges gardiens, cette réussite est aussi la vôtre.

À ma future famille, À mon fiancé Wail

Après un parcours académique marqué par de nombreux défis, aujourd'hui, je récolte enfin les fruits de mon travail. Je dédie cette réussite à celui qui a toujours été mon pilier, mon soutien inconditionnel, et qui a cru en moi à chaque étape. Compagnon de route et confident de tous les jours, dans les moments de joie comme dans les épreuves, je t'offre ce diplôme qui est autant le mien que le tien.

À mes chères amies, Basma, Sirine Hiba Jiji et Douha

Merci d'avoir partagé avec moi chaque étape de mon parcours, dans ses joies comme dans ses défis. Vous avez toujours été là pour célébrer mes réussites et sécher mes larmes dans les moments de doute.

*Enfin, je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers les héroïnes discrètes de ce travail, **Mme Meryem Rouaiguia** et **Mme Amina Adili**. Leur précieuse guidance, leurs conseils avisés et leur soutien moral ont été des piliers essentiels à chaque étape de l'élaboration de cette mémoire*

Nessrine

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction 1

Chapitre I : Les maladies à transmission hydrique

1. Aperçu sur les maladies à transmission hydrique	4
1.1 Définition et importance de l'eau	4
1.2 Sources d'eau	4
1.3 Contamination de l'eau	4
1.4 Relation entre l'eau et les maladies	5
2. Les maladies à transmission hydrique	6
2.1. Définition des maladies à transmission hydrique	6
2.2. Maladies d'origine bactérienne	7
2.2.1. La fièvre typhoïde	7
2.2.2. Choléra	7
2.2.3. Gastro-entérite aigue due à <i>E. coli</i>	8
2.2.4. Campylobactériose	8
2.2.5. Légionellose	9
2.2.6. Leptospirose	10
2.3. Maladies d'origine virale	10
2.3.1. La poliomyélite	10
2.3.2. Hépatite A	12
2.3.3. Hépatite E	12
2.3.4. Gastro-entérites virales	13
2.4. Maladies d'origine parasitaire	15
2.4.1. Amibiase	15
2.4.2. Giardiase	16
2.4.3. Cryptosporidiose	17
2.4.4. Bilharzioses	17
2.5. Maladies d'origine fongique	17

2.5.1. Candidose	17
Chapitre II : Matériel et méthodes	
1. Objectif des analyses microbiologiques de l'eau	19
2. Echantillonnage	19
2.1. Points de prélèvement	19
2.2. Matériel et méthodes de prélèvement	21
2.3. Transport et conservation au laboratoire	22
3. Recherche et dénombrement des indicateurs de contamination	22
3.1. Dénombrements des germes totaux	22
3.2. Recherche et dénombrement des coliformes	24
3.2.1. Technique de la filtration sur membrane	24
3.2.2. Technique sur milieu liquide	25
3.3. Recherche des Streptocoques fécaux	28
3.3.1. Technique de la filtration sur membrane	28
3.3.2. Techniques sur milieu liquide	28
3.4. Dénombrement des <i>Clostridium</i> sulfito-réducteur	30
4. Recherche et identification des germes pathogènes	32
4.1. Recherche des Entérobactéries	32
4.2. Recherche des Staphylocoques	33
4.3. Recherche des Salmonelles et Shigelles	33
4.4. Recherche des <i>Vibrio cholerae</i>	35
4.5. Recherche des <i>Pseudomonas</i>	36
5. Recherche des levures et moisissures	37
6. Tests d'identification	38
6.1. Coloration de Gram	38
6.2. Test oxydase	39
7. Antibiogramme	39
Chapitre III : Résultats et Discussion	
1. Résultats de dénombrement	41
1.1. Résultats de dénombrement des germes totaux	41
1.2. Résultats de dénombrement des coliformes totaux	42

1.3. Résultats de dénombrement des coliformes fécaux	44
1.4. Résultats de dénombrement des streptocoques fécaux	45
1.5. Résultats de dénombrement des anaérobies sulfito- réducteurs (ASR)	47
2. Résultats de la recherche et l'identification des germes pathogènes	49
2.1. Résultats de l'isolement sur milieux sélectifs	49
2.2. Résultat de la coloration de Gram et des tests biochimiques	51
2.3. Résultats de l'identification des champignons	53
3. Résultats de l'antibiogramme	62
3.1. Antibiogramme d' <i>Escherichia coli</i> 1	62
3.2. Antibiogramme d' <i>Enterobacter cloacae</i> (R.U)	62
3.3. Antibiogramme d' <i>Enterobacter cloacae</i> (Oued Seybouse)	63
3.4. Antibiogramme d' <i>Aeromonas hydrophila</i> / <i>caviae</i> (Oued zenati)	64
3.5. Antibiogramme d' <i>Roulettea ornitholitica</i>	64
3.6. Antibiogramme d' <i>Aeromonas hydrophila</i> / <i>caviae</i> (Oued Seybouse)	65
3.7. Antibiogramme de <i>Staphylococcus xylosus</i>	66
3.8. Antibiogramme d' <i>Entérobacter aérogènes</i>	67
3.9. Antibiogramme de <i>Pseudomonas fluorescens</i>	68
Discussion	69
Conclusion et perspective	77
Références bibliographiques	79
Résumé	
Abstract	
ملخص	
Annexe	

Liste des figures

N°	Titre de la figure	Page
Figure 1	Structure du <i>Poliovirus</i>	12
Figure 2	Virus de L'hépatite E en immun-microscopie électronique	13
Figure 3	Structure des <i>Astrovirus</i>	14
Figure 4	Cycle d' <i>Entamoeba histolytica</i>	16
Figure 5	Photo satellite de station de prélèvements Yahia Salah	20
Figure 6	Photo satellite de station de prélèvements Bara Lakhdar	20
Figure 7	Site de prélèvement Sidi Abid (photo personnelle)	20
Figure 8	Photo satellite de station de prélèvements Sidi Abid	20
Figure 9	Site de prélèvement Ain Larbaa	20
Figure 10	Photo satellite de station de prélèvements Ain Larbaa.	20
Figure 11	Photo satellite de station de prélèvements Oued Seybouse	21
Figure 12	Photo satellite de station de prélèvements Oued Zenati.	21
Figure 13	Protocole de recherche et de dénombrement des germes totaux	23
Figure 14	Rampe de filtration	25
Figure 15	Recherche et dénombrement des coliformes en milieu liquide	27
Figure 16	Protocole de recherche et de dénombrement des Streptocoques fécaux	29
Figure 17	Recherche et de dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-réducteurs (ASR)	31
Figure 18	Isolement des Entérobactéries pathogènes	32
Figure 19	Recherche et identification de <i>Salmonella</i> dans les eaux	34
Figure 20	Protocole de recherche de <i>Vibrio cholera</i>	36
Figure 21	Variation du nombre des germes totaux	42
Figure 22	Dénombrement des germes totaux	42
Figure 23	Variation du nombre des coliformes totaux	43
Figure 24	Dénombrement des coliformes totaux	44
Figure 25	Variation du nombre des coliformes fécaux	44
Figure 26	Dénombrement des coliformes fécaux	45
Figure 27	Variation du nombre des Streptocoques fécaux	45
Figure 28	Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux	46

Figure 29	Variation de nombre des anaérobies sulfito-réducteurs (ASR)	47
Figure 30	Résultats de la recherche et de dénombrement des anaérobies sulfito réducteurs (ASR)	47
Figure 31	Taux de résistance d' <i>Escherichia coli</i> 1	63
Figure 32	Profile de résistance aux antibiotiques d' <i>E. coli</i> 1	63
Figure 33	Taux de résistance d' <i>Enterobacter cloacae</i>	64
Figure 34	Profile de résistance aux antibiotiques d' <i>Enterobacter cloacae</i>	64
Figure 35	Taux de résistance d' <i>Enterobacter cloacae</i>	64
Figure 36	Profile de résistance aux antibiotiques d' <i>Enterobacter cloacae</i>	64
Figure 37	Taux de résistance d' <i>Aeromonas hydrophila</i> / <i>caviae</i>	65
Figure 38	Profile de résistance aux antibiotiques d' <i>Aeromonas hydrophila</i> / <i>caviae</i>	65
Figure 39	Taux de résistance de <i>Rouleteela ornitholitica</i>	66
Figure 40	Profile de résistance aux antibiotiques de <i>Rouleteela ornitholitica</i>	66
Figure 41	Taux de résistance d' <i>Aeromonas hydrophila</i> / <i>caviae</i>	67
Figure 42	Profile de résistance aux antibiotiques d' <i>Aeromonas hydrophila</i> / <i>caviae</i>	67
Figure 43	Taux de résistance de <i>Staphylococcus xylosus</i>	67
Figure 44	Profile de résistance aux antibiotiques de <i>Staphylococcus xylosus</i>	67
Figure 45	Taux de résistance d' <i>Entérobacter aérogènes</i>	68
Figure 46	Profile de résistance aux antibiotiques d' <i>Entérobacter aérogènes</i>	68
Figure 47	Taux de résistance de <i>Pseudomonas fluorescens</i>	69
Figure 48	Profile de résistance aux antibiotiques de <i>Pseudomonas fluorescens</i>	69

Liste des tableaux

N°	Titre de tableau	Page
Tableau 1	Etiologie des maladies d'origine hydrique	6
Tableau 2	Caractéristiques et périodes de prélèvement	21
Tableau 3	Résultats de dénombrement des colonies des germes totaux	41
Tableau 4	Résultats de dénombrement des Coliformes totaux	43
Tableau 5	Résultats de dénombrement des Coliformes fécaux	44
Tableau 6	Résultats de dénombrement des Streptocoques fécaux	45
Tableau 7	Résultats de dénombrement des anaérobies sulfito-réducteurs	46
Tableau 8	Résultats de l'isolement sur milieux sélectifs	48
Tableau 9	Résultat de coloration de gram et les tests biochimiques	49
Tableau 10	Observation macroscopique et microscopique des champignons	53
Tableau 11	résultats de l'antibiogramme pour <i>Escherichia coli</i> 1	63
Tableau 12	Résultats de l'antibiogramme pour <i>Enterobacter cloacae</i>	63
Tableau 13	Résultats de l'antibiogramme pour <i>Enterobacter cloacae</i>	64
Tableau 14	Résultats de l'antibiogramme pour <i>Aeromonas hydrophila</i> / <i>caviae</i>	65
Tableau 15	Résultats de l'antibiogramme pour <i>Rouleteela ornitholitica</i>	66
Tableau 16	Résultats de l'antibiogramme pour <i>Aeromonas hydrophila</i> / <i>caviae</i>	66
Tableau 17	Résultats de l'antibiogramme pour <i>Staphylococcus xylosus</i>	67
Tableau 18	Résultats de l'antibiogramme pour <i>Entérobacter aérogènes</i>	68
Tableau 19	Résultats de l'antibiogramme pour <i>Pseudomonas fluorescens</i>	69

Liste des abréviations

- ✓ **AAstVs** : Avastrovirus
- ✓ **AML** : Amoxicilline
- ✓ **ANSES** : L'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire
- ✓ **ARN** : Acide ribonucléique
- ✓ **ASR** : Les anaérobies sulfito-réducteurs
- ✓ **BCPL** : Bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol
- ✓ **CF** : Coliformes fécaux
- ✓ **CLIS** : L'Institut des normes cliniques et de laboratoire
- ✓ **CT** : Coliformes totaux
- ✓ **dbRNA** : ARN double brin
- ✓ **ECEH** : *Escherichia coli* entérohémorragiques
- ✓ **EPA** : L'eau peptonée alcaline
- ✓ **EPA** : Environmental Protection Agency
- ✓ **EUCAST** : Comité européen sur les tests de sensibilité aux antimicrobiens
- ✓ **FOX** : Cefoxitine
- ✓ **GEN** : Gentamicine
- ✓ **GEAE** : Gastro-entérite aiguë
- ✓ **GNAB** : Gélose Nutritive Alcaline Biliée
- ✓ **GT** : Germes totaux
- ✓ **HRV** : *Rotavirus* humain
- ✓ **I** : Intermédiaire
- ✓ **ICTV** : Comité international de taxonomie des virus
- ✓ **IND** : Indénombrable
- ✓ **INSP** : Institut National De Santé Publique
- ✓ **ISSEP** : Institut Scientifique de Service Public Européen
- ✓ **MAstVs** : Mamastrovirus
- ✓ **MH** : Gélose Mueller-Hinton
- ✓ **MTH** : Maladies à transmission hydrique
- ✓ **NaCl** : Chlorure de sodium
- ✓ **NPP** : Nombre le Plus Probable
- ✓ **OMS** : Organisation Mondiale de la Santé
- ✓ **ORF** : Open Reading Frame

- ✓ **P** : Pénicilline
- ✓ **PCR** : Polymerase Chain Reaction
- ✓ **R** : Résistant
- ✓ **RU** : Résidence universitaire
- ✓ **S** : Sensible
- ✓ **SF** : Streptocoques fécaux
- ✓ **S.F.B** : Sélénite F. Broth (Milieu Sélénite-Cystéine)
- ✓ **Sp** : Espèce appartenant au genre
- ✓ **spp** : Plusieurs espèces d'un même genre
- ✓ **SS** : Milieu *Salmonella Shigella*
- ✓ **TC** : Toxine cholérique
- ✓ **TGEA** : Tryptone Glucose Yeast Extract Agar
- ✓ **UFC** : Unité Formant Colonie
- ✓ **VA** : Vancomycine
- ✓ **VF** : Milieu Viande Foie
- ✓ **VHA** : Virus de l'hépatite A
- ✓ **VHE** : Virus de l'hépatite E
- ✓ **WHO** : World Health Organization

Introduction

L'eau, composée chimique omniprésente, incolore, inodore et insipide, est un élément fondamental au bon fonctionnement biologique des êtres vivants. Elle constitue également un excellent solvant, indispensable à la structure des organismes et à de nombreux usages quotidiens, tant domestiques qu'industriels (Bernard, 2007). Ressource vitale par excellence, l'eau joue un rôle central non seulement dans la survie des espèces, mais aussi dans la stabilité sanitaire, sociale et économique des sociétés humaines (Kettab, 2001).

Cependant, dans de nombreuses régions du monde, notamment dans les pays en développement, l'accès à une eau potable de qualité représente un enjeu majeur. La croissance démographique, l'urbanisation rapide et les inégalités d'accès contribuent à accentuer la pression sur cette ressource essentielle. Les besoins en eau diffèrent selon les contextes géographiques et les niveaux de développement, mais partout, elle reste intimement liée aux activités humaines : alimentation, hygiène, habitat dont elle conditionne la qualité et la sécurité. Ainsi, une eau de mauvaise qualité peut devenir un vecteur de maladies cutanées, intestinales, oculaires ou urinaires, avec des conséquences sanitaires parfois graves (Gueroui, 2015).

La pollution de l'eau est aujourd'hui l'un des défis environnementaux les plus préoccupants. Elle résulte souvent de l'activité humaine et se manifeste aussi bien de manière visible comme les hydrocarbures en surface marine que de façon plus insidieuse, à travers les rejets agricoles riches en pesticides et en fertilisants. Cette pollution compromet la salubrité de l'eau, accentuant les risques sanitaires pour les populations exposées (El Morhit, 2009).

Si l'eau est reconnue depuis longtemps comme source de vie, sa reconnaissance en tant que vecteur potentiel de maladies n'est intervenu qu'au milieu du XIX^e siècle, avec l'épidémie de choléra à Londres en 1854. Depuis, de nombreuses études ont confirmé que l'accès à une eau potable de qualité, couplé à des conditions d'hygiène adéquates, joue un rôle clé dans l'allongement de l'espérance de vie. Néanmoins, les maladies d'origine hydrique demeurent une menace persistante, particulièrement dans les régions à faible niveau d'infrastructures (Olivier, 2003).

L' eau non traitée ou polluée est responsable des maladies graves chez l'homme, bien souvent la mortalité. L'eau véhicule des virus, des bactéries, des parasites, des micro-organismes végétaux ou animaux qui peuvent provoquer des maladies graves, voire mortelles pour l'être

humain, ces maladies liées à l'eau insalubre sont appelées les maladies hydriques. Il y a de nombreuses maladies véhiculées par les microorganismes présents dans l'eau, formant une longue liste, et la mortalité due aux maladies hydriques est très élevée dans le monde (Bozzaoucha, 2004).

Les maladies hydriques (MTH), ou maladies transmissibles par l'eau, sont provoquées par la consommation d'eau contaminée par des matières fécales humaines ou animales contenant des micro-organismes pathogènes (Tourab, 2013). Leur évolution est étroitement liée aux conditions climatiques, à la gestion des ressources hydriques et au niveau de développement sanitaire. En Algérie, une épidémie de choléra survenue en 1980 a causé la mort de 482 personnes. À l'échelle mondiale, près de 5 millions d'enfants sont morts de maladies hydriques en 1990, selon les estimations de l'Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S.) (OMS, 2005).

Les chiffres publiés par l'O.M.S. soulignent l'ampleur du problème : en 2014, l'eau insalubre était responsable de 9,1 % des maladies et de 6 % des décès enregistrés chaque année dans le monde. Alors que dans les pays développés l'eau ne contribue qu'à moins de 1% de la morbidité, ce taux grimpe à 10 % dans les pays en développement. De même, la mortalité liée à l'eau varie fortement, passant de 0,5 % dans les pays industrialisés à 8 % dans les pays en voie de développement (OMS, 2014).

En Algérie, la protection et la prévention des ressources hydriques sont évaluées aux premières alertes de pénurie en eau. En effet, la persistance de ces maladies est liée de nos jours à de nombreux facteurs du sous-développement dans la plupart des villes du pays, a forte poussée démographique surtout en milieu urbain. Détermination de l'hygiène de l'habitat, inefficacité des services d'entretien des réseaux de distribution d'eau, une diminution de l'accès à l'eau saine en qualité suffisante, mauvaise qualité de l'assainissement détérioration de l'environnement, coupures d'eau, etc... Entraînent des conséquences très jeunes sur la population (Taleb, 2006).

Notre étude vise à évaluer les risques liés aux différentes maladies hydriques dans la wilaya de Guelma, à analyser les normes d'irrigation et de consommation d'eau potable dans cette région, et à sensibiliser aux risques liés à l'utilisation d'eaux non traitées, notamment l'irrigation à partir des oueds.

Dans le cadre de cette étude, nous avons réalisé une analyse microbiologique approfondie de quelques sources d'eau potable et d'eau d'irrigation à grande échelle dans la wilaya de Guelma. Nous avons examiné deux sources naturelles, à savoir Sidi Abid et Ain Larbaa, ainsi que deux robinets domestiques situés à Bara Lakhdar et Yahia Salah. En outre, nous avons analysé les eaux de deux oueds utilisés pour l'irrigation : Oued Zenati et Oued Seybousee.

Après une introduction générale, le présent travail se compose de trois chapitres suivis d'une conclusion générale, des références bibliographiques et des annexes. Le premier chapitre est purement théorique, ils rassemblent d'une part des généralités sur l'eau, et d'autre part une description des maladies à transmission hydrique et la relation eux-maladies. Le deuxième chapitre détaillé le protocole expérimental suivi au cours le stage pratique ; dans ce chapitre nous avons présenté le matériel et dénombrement des bactéries par plusieurs méthodes (filtration sur membrane et NPP) et la recherches et l'identification des germes pathogènes, afin d'évaluer la qualité des eaux de la région de Guelma. Dans le troisième chapitre, nous avons présenté les résultats de l'analyse microbiologique, de dénombrement ce qui a permis de détecter la présence ou l'absence de chaque agent pathogène étudié. Ces résultats sont illustrés par des tableaux et des graphiques, accompagnés d'une discussion pour évalués conformément aux normes internationales en vigueur, afin de déterminer la conformité de ces eaux aux critères de potabilité et d'irrigation. Cette évaluation nous a permis de tirer des conclusions sur la salubrité et l'aptitude de ces eaux à être utilisées pour la consommation humaine ou l'irrigation agricole.

Chapitre I

Les maladies à transmission hydrique

1. Aperçu sur les maladies à transmission hydrique

1.1. Définition et importance de l'eau

L'eau, également appelée oxyde de dihydrogène ou hydroxyde d'hydrogène, est un composé chimique simple mais doté de propriétés complexes en raison de sa polarisation. L'eau revêt une importance biologique et économique essentielle. L'hydrosphère constitue la base de la vie ainsi que des équilibres écologiques. L'eau sert à la fois d'aliment, de médicament potentiel, de matière première dans les industries énergétiques et agricoles, et de moyen de transport. Ses usages sont variés, mais lorsqu'il s'agit de la santé humaine, ils se concentrent principalement sur l'agriculture, l'aquaculture, l'industrie, l'artisanat, les loisirs aquatiques tels que la baignade, et surtout sur la fourniture collective ou individuelle d'eau potable. Celle-ci est utilisée à des fins alimentaires (comme l'eau de boisson ou la cuisine), ainsi que pour des usages domestiques et d'hygiène (Festy *et al.*, 2003).

1.2. Sources d'eau

L'eau est abondamment présente sur Terre, principalement dans les océans. En comparaison, les réserves d'eau douce, telles que celles des lacs, des rivières et des eaux souterraines, représentent une part nettement plus modeste. Une grande quantité d'eau douce, notamment dans les calottes polaires et les glaciers. Le cycle global de l'eau repose sur l'échange constant entre ces différents réservoirs : l'eau s'évapore des océans et des surfaces continentales, est transportée par l'atmosphère, puis retourne dans les lacs, rivières et océans via les précipitations. Enfin, les écoulements des rivières jouent un rôle clé en acheminant l'eau vers les océans (Sigg *et al.*, 2014).

1.3. Contamination de l'eau

La contamination de l'eau provient de diverses sources, impliquant des risques graves pour la santé publique et l'environnement. Selon l'OMS, l'absence d'assainissement adéquat et l'eau contaminée sont des facteurs majeurs de propagation de maladies comme le choléra, la typhoïde et la poliomyélite. Les eaux usées des secteurs urbains, industriels et agricoles exposent des populations à une contamination chimique et microbiologique. De plus, des contaminants chimiques naturels, tels que l'arsenic et le fluorure dans les eaux souterraines, ainsi que le plomb provenant des infrastructures d'approvisionnement, représentent une menace significative (Levallois, 2025).

Les activités agricoles, incluant le drainage des champs, l'épandage de lisiers et les déjections animales, génèrent également des contaminants pathogènes comme les oocystes, qui ont été détectés dans les eaux de surface avec des concentrations variant de 0,006 à 2,5 oocystes par litre (Packham, 1990). Ces pathogènes peuvent être excrétés en grandes quantités par les animaux infectés (Naciri et Muriel, 1992).

Par ailleurs, des polluants atmosphériques tels que les oxydes de soufre, d'azote et l'ammoniac contribuent à l'acidification et à l'eutrophisation des eaux, comme observé au Canada et en Scandinavie. La pollution thermique, causée par les rejets d'eaux de refroidissement des centrales, altère les écosystèmes aquatiques et favorise le développement d'amibes pathogènes. La pollution radioactive, provenant d'émetteurs alpha naturels ou d'activités humaines, engendre une radio-contamination des eaux. Les contaminants chimiques, notamment les engrais agricoles, et microbiens ou parasitaires, souvent d'origine fécale, constituent également des sources importantes de pollution (Festy *et al.*, 2003).

1.4. Relation entre l'eau et les maladies

L'eau joue un rôle important dans la transmission de plusieurs maladies, appelées maladies à transmission hydrique (MTH). Cela arrive surtout quand l'eau est contaminée par des microbes (bactéries, virus, parasites) ou des produits toxiques, ce qui peut provoquer des infections ou des intoxications chez l'être humain.

Les maladies liées à l'eau peuvent être regroupées en différentes catégories selon la façon dont elles se transmettent

- Maladies causées par la consommation d'eau polluée. (ex. : choléra, typhoïde, hépatite A et E, dysenterie, diarrhée à rotavirus).
- Maladies provoquées par des microbes ou parasites présents dans l'eau. (ex. : schistosomiase, certaines parasitoses).
- Maladies véhiculées par des insectes dont la reproduction dépend de l'eau (ex. : paludisme, dengue, transmises par des moustiques).
- Maladies causées par le contact direct avec de l'eau contaminée (ex. : dermatites, infections cutanées) [1].

2. Les maladies à transmission hydrique

2.1. Définition des maladies à transmission hydrique

Les maladies à transmission hydrique (MTH) sont provoquées par l'ingestion d'eau contaminée par des agents pathogènes. Elles peuvent également résulter de la consommation d'aliments préparés avec cette eau insalubre. La diarrhée constitue le symptôme le plus fréquent, pouvant provoquer une déshydratation grave, voire entraîner la mort.

Les MTH se transmettent principalement par la voie fécale-orale, due à une mauvaise gestion des eaux usées et à un assainissement insuffisant. L'eau potable peut être contaminée de façon variable, posant des risques surtout lorsque la pollution est élevée, notamment pour les enfants, les personnes âgées, les visiteurs et les personnes immunodéprimées. Ils sont causés par divers agents pathogènes (protozoaires, virus, bactéries, parasites), et comprennent des infections comme le choléra, la dysenterie, la typhoïde, la giardias, l'hépatite A, la leptospirose et la poliomyélite (**Tableau 1**) [2].

Tableau 1 : Etiologie des maladies d'origine hydrique (Bazine et Bournane, 2011).

Facteur causal	Maladies	Agent responsable
Bactérien	- Typhoïde et paratyphoïde - Dysenterie bacillaire - Choléra - Gastro-entérite aigue	- <i>Salmonella typhi</i> - <i>Salmonella paratyphi A et B</i> - <i>Shigella sp</i> - <i>Vibrio cholera</i> - <i>Escherichia coli Entérotoxique</i> - <i>Amylobacter</i> - <i>Yersinia enterocolitica</i> - <i>Salmonella sp.</i> - <i>Shigella sp.</i>
Fongique	- Candidose - Dermatophytose	- <i>Candida albicans</i> - <i>Epidermo-phyton, microsporum</i> , - <i>Trichophyton</i>
Viral	- Hépatites - Poliomyélite - Gastroentérite aigue et chronique	- Virus de l'hépatite A - Virus de l'hépatite B - <i>Poliovirus</i> - <i>Rotavirus</i> - <i>Virus Norwalk</i> - <i>Entérovirus</i> - <i>Adénovirus</i>
Parasitaire	- Dysentérie amibienne - Giardiase	- <i>Entamoeba histolytica</i> - <i>Giardia lamblia</i>

2.2. Maladies d'origine bactérienne

2.2.1. La fièvre typhoïde

La fièvre typhoïde est une maladie infectieuse causée par les bactéries *Salmonella typhi* et *paratyphi*, transmise par l'ingestion d'eau ou d'aliments contaminés par des matières fécales humaines. Elle touche surtout les régions où l'hygiène est précaire, principalement dans les pays en développement. Les symptômes typiques incluent une forte fièvre, des troubles digestifs et une altération de l'état mental. Le diagnostic peut être difficile, notamment en raison des limites du test Widal-Felix, qui détecte des anticorps (anti-O et anti-H) apparaissant tardivement et ne permet pas de distinguer une infection récente d'un ancien contact ou d'un portage sain. Le traitement de la fièvre typhoïde varie selon l'âge. Chez l'adulte, les antibiotiques les plus utilisés sont la Ciprofloxacine ou l'Ofloxacine, avec d'autres options possibles comme l'Amoxicilline, le Cotrimoxazole, le Thiamphénicol ou l'Azithromycine. Chez l'enfant, la ceftriaxone est le traitement privilégié, et des corticoïdes peuvent être prescrits en cas de signes graves (Carode et al., 2008).

➤ Agent pathogène

Salmonella est une bactérie à Gram négatif de la famille des Enterobacteriaceae, regroupant deux espèces principales : *Salmonella enterica* (la plus fréquente chez l'humain) et *Salmonella bongori*, avec plus de 2600 sérovars identifiés. Certains sérovars pathogènes comme *S. Typhi* et *S. Paratyphi* provoquent des infections graves. Les facteurs de virulence sont portés par les îlots de pathogénicité SPI-1 et SPI-2, qui codent un système de sécrétion de type III ainsi que ses protéines effectrices. Ces éléments permettent à la bactérie d'envahir les cellules intestinales et de survivre à l'intérieur des cellules hôtes. Les flagelles et les fimbriae facilitent l'adhésion à l'épithélium intestinal, tandis que l'antigène capsulaire Vi contribue à la virulence en dissimulant l'antigène somatique O, aidant ainsi la bactérie à échapper au système immunitaire, (Yu Sang et al., 2024).

2.2.2. Choléra

Le choléra est une infection diarrhéique aiguë, causée par des bactéries *Vibrio cholerae* toxigènes, principalement des souches des sérogroupes O1 et O139. Il se transmet par l'ingestion d'eau ou d'aliments contaminés, surtout dans les pays en développement où l'hygiène est insuffisante. La maladie est liée à des facteurs environnementaux, notamment la présence de

la bactérie dans les eaux douces et estuariennes. Certaines souches peuvent rester en vie sous une forme non détectable et redevenir actives, provoquant des épidémies saisonnières (Leclerc *et al.*, 2002). La gestion d'une épidémie de choléra constitue une urgence en santé publique. Le diagnostic repose sur l'examen clinique, mais la confirmation en laboratoire, notamment en bactériologie, est cruciale pour identifier précisément l'agent responsable de l'épidémie (Laure Quilici, 2001).

➤ Agent pathogène

Vibrio cholerae est un bacille Gram négatif en forme de bâtonnet incurvé et oxydase-positif. Il est doté d'une grande motilité et d'un seul flagelle polaire. Il est un anaérobie facultatif de la famille des Vibrionaceae. Les sérogroupes O1 (biotypes classique et El Tor) et O139 sont les principaux agents pathogènes en cause dans les épidémies de choléra. Les sérogroupes pathogènes produisent la toxine cholérique (TC), alors que les souches non pathogènes peuvent ou non produire cette toxine (Tobin-D'Angelo *et al.*, 2008).

2.2.3. Gastro-entérite aiguë due à *E. coli*

La gastro-entérite bactérienne est une inflammation de la muqueuse de l'estomac, de l'intestin grêle et du côlon, le plus souvent causée par *E. coli*. Elle se manifeste par des nausées, vomissements, diarrhée et douleurs abdominales. Le diagnostic est surtout clinique, complété parfois par des analyses. Le traitement repose principalement sur la réhydratation, et dans certains cas, sur des antibiotiques ou des traitements symptomatiques (Gotfried, 2023).

➤ Agents pathogènes

Escherichia coli producteur de shigatoxines est une bactérie présente dans le tube digestif des humains et des animaux à sang chaud. Bien que la plupart des souches soient inoffensives, comme les ECEH, sont devenues pathogènes en raison de l'acquisition de facteurs de virulence. Certaines peuvent causer de graves maladies d'origine alimentaire, souvent transmises par des aliments contaminés comme la viande hachée crue, le lait cru ou les légumes (Allocati, *et al.*, 2013).

2.2.4. Campylobactériose

La campylobactériose est une infection bactérienne causée par des bactéries du genre *Campylobacter*, qui sont des bacilles mobiles et en forme de spirale. Ces bactéries sont principalement zoonotiques, se transmettant de l'animal à l'homme, souvent par la consommation

d'aliments ou d'eau contaminés. Les volailles, ainsi que d'autres animaux comme les bovins, porcs et chiens, constituent les principaux réservoirs. Les symptômes incluent principalement de la diarrhée, parfois sanglante, des douleurs abdominales et des vomissements. La durée des symptômes varie de 5 à 7 jours, mais peut être plus longue ou plus grave chez les personnes immunodéprimées. Des complications rares comme la péritonite ou la cholécystite peuvent survenir. Le diagnostic se fait par l'isolement des bactéries à partir d'échantillons de selles, mais certaines espèces peuvent être difficiles à détecter sans culture supplémentaire. Le traitement vise à éviter la déshydratation, en particulier chez les nourrissons et les personnes âgées. Les antibiotiques ne sont pas toujours nécessaires, sauf en cas de symptômes graves ou persistants. L'azithromycine est recommandée pour les cas sévères, mais la résistance croissante aux antibiotiques impose une sélection prudente du traitement ([Lehours, 2023](#)).

➤ Agent pathogène

Les *Campylobacter* sont principalement des bactéries en forme de spirale, en forme de « S » ou courbées, en forme de bâtonnet. Actuellement, il y a 17 espèces et 6 sous-espèces assignées au genre *Campylobacter*, parmi lesquelles les plus fréquemment signalées dans les maladies humaines sont *C. jejuni* (sous-espèce *jejuni*) et *C. coli* ([WHO, 2020](#)).

2.2.5. Légionellose

La légionellose est une infection pulmonaire causée par la bactérie *Legionella pneumophila*, principalement le sérotype 1. Elle se transmet par inhalation d'aérosols d'eau contaminée, souvent dans les réseaux d'eau chaude, sans transmission entre humains. Cette maladie peut être nosocomiale, affectant particulièrement les personnes fragiles (âgées, immunodéprimées, malades chroniques) ([Lawrence, 2005](#)).

Le diagnostic de la légionellose se base sur la pneumonie confirmée par radiographie, avec des symptômes comme fièvre, toux, douleurs musculaires, et parfois des troubles digestifs et neurologiques. Le diagnostic biologique comprend la culture de prélèvements pulmonaires, la recherche d'antigènes urinaires, l'immunofluorescence directe, et la sérologie. Un traitement rapide est essentiel. En milieu de soins, l'antibioprophylaxie n'est pas systématique, sauf en cas d'épidémie, où des macrolides peuvent être prescrits pour les patients à risque, pendant 10 jours maximum. En milieu communautaire, aucune antibioprophylaxie n'est recommandée [5].

➤ Agent pathogène

Legionella pneumophila est une bactérie à Gram négatif, intracellulaire facultative. Elle vit dans les milieux aquatiques naturels et artificiels, se développant dans les biofilms et les amibes entre 25 °C et 42 °C. Après inhalation d'aérosols contaminés, elle atteint les poumons, survit et se multiplie dans les macrophages. Sa capacité à résister dans l'environnement et à infecter les cellules humaines en fait un agent pathogène particulièrement dangereux (Cazalet et al., 2004).

2.2.6. Leptospirose

La leptospirose ou fièvre d'automne est une infection bactérienne potentiellement grave, causée par une bactérie du genre *Leptospira*, en particulier l'espèce *Leptospira icterohaemorrhagiae*. Principalement liée à certaines activités professionnelles, la leptospirose n'est pas une maladie à déclaration obligatoire (Batjom et al., 2005). La transmission à l'humain se fait de façon indirecte, par contact avec de l'eau douce, des sols boueux ou des aliments souillés (Daoudal et al., 1997). Chez l'Homme, la leptospirose peut être détectée dans le sang la première semaine, puis dans les urines. Le diagnostic repose sur des méthodes bactériologiques (microscope à fond noir, culture), moléculaires (PCR ciblant des gènes spécifiques) et sérologiques (tests ELISA, MAT, macro-agglutination ou bandelette) pour identifier les anticorps dirigés contre la bactérie (Ristow, 2007). Le traitement repose sur des bêta-lactamines injectables dans les formes graves, et sur la doxycycline, amoxicilline ou azithromycine dans les formes modérées (Greene, 2012).

➤ Agent pathogène

Leptospira est une bactérie Gram négatif aérobie stricte, spiralée (spirochète), une zoonose. Elle est transmise par l'urine d'animaux infectés, principalement les rongeurs, contaminant l'eau douce ou les sols humides. Elle peut évoluer vers des formes sévères (ictérohémostatique ou respiratoire), potentiellement mortelles (Turnier et Epelboinb, 2018).

2.3 Maladies d'origine virale

2.3.1. La poliomyélite

La poliomyélite est une affliction virale hautement infectieuse. Le *poliovirus* pénètre le système nerveux et peut entraîner une paralysie complète en quelques heures. La principale voie

de transmission du virus est oro-fécale, bien qu'une autre voie commune (comme l'eau ou la nourriture contaminée) puisse également être impliquée (OMS, 2024).

Les signes de l'infection par le poliovirus incluent une forme bénigne non caractéristique, occasionnellement une méningite aseptique sans paralysie, et plus rarement, une paralysie flasque touchant différents groupes musculaires (poliomyélite paralytique). Le diagnostic de la paralysie flasque aiguë repose sur l'évaluation clinique, même s'il nécessite un diagnostic biologique pour vérifier si c'est le poliovirus, un entérovirus non-polio ou un autre virus qui est à l'origine de la pathologie. Il s'agit d'un traitement de soutien (Messacar, 2024).

Sans mesure palliative, entre 5 et 10 % des patients paralysés meurent par asphyxie du fait de la paralysie des muscles assurant la ventilation. Chez les patients qui survivent, on peut observer des paralysies résiduelles occasionnant des handicaps avec des atteintes de degrés très variables. Celles-ci vont de paralysies mineures laissant une indépendance complète à des paralysies extrêmement handicapantes qui peuvent nécessiter une assistance respiratoire à vie (Pasteur, 2024).

Le poliovirus est classé taxonomiquement comme un membre de la famille des Picornaviridae et du genre sous-familial Entérovirus. Les picornavirus sont très répandus dans la nature et sont responsables de nombreuses maladies. Ce sont parmi les plus petits virus (pico) actuellement connus. Leur matériel génétique unique est constitué d'un brin d'ARN contenu dans une petite capsid. D'où leur nom de virus pico-ARN. Dans la Figure ci-dessus taille et la structure du poliovirus sont comparées à celles d'autres virus (Koch *et al.*, 2012).

Le poliovirus, comme les autres entérovirus, sont particulièrement résistants aux conditions environnementales et aux agents physico-chimiques. Insensibles aux détergents et solvants lipidiques, ils peuvent survivre plusieurs mois dans le sol et l'eau, bien que leur longévité soit influencée par la température, l'exposition solaire et les cycles de gel et de dégel. Cependant, ils sont rapidement inactivés par le formaldéhyde, le peroxyde d'hydrogène et le chlore. Leur capacité infectieuse reste stable à 4 °C pendant plusieurs mois, mais diminue fortement à 30 °C, où elle ne persiste que quelques jours (**Figure 1**) (Koch *et al.*, 2012).

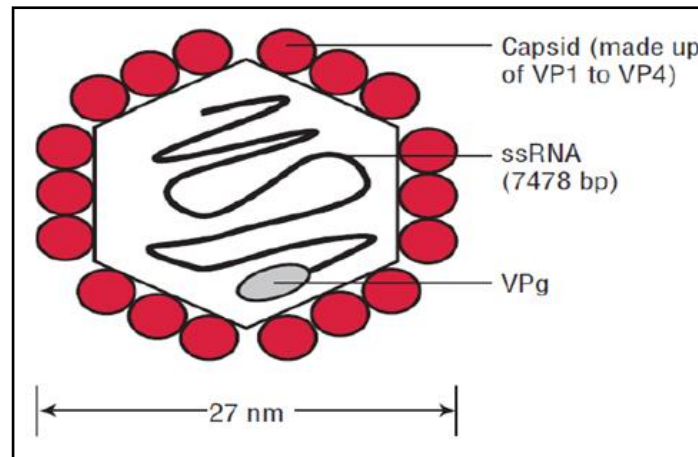


Figure 1 : Structure du *poliovirus* [3].

2.3.2. Hépatite A

Quant à l'hépatite A, causée par le virus de l'hépatite A (VHA), un picornavirus à ARN simple brin, elle représente la forme la plus courante d'hépatite virale aiguë, particulièrement fréquente chez les enfants et les jeunes adultes (Kumar, 2024).

Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS) Le virus de l'hépatite A se propage principalement par la voie fécale-orale. Le virus peut également se transmettre par un contact physique étroit avec une personne infectée, Cependant, il ne se propage pas lors de contacts quotidiens entre individus (OMS, 2024) .

2.3.3. Hépatite E

Le virus de l'hépatite E (VHE), qui appartient à la famille des Hepeviridae, est le seul représentant du genre Hepevirus (Ankavay *et al.*, 2018).

Le virus de l'hépatite E (HEV) est un virus non enveloppé qui, en microscopie électronique, apparaît sous forme de particules sphériques d'environ 27 à 30 nm de diamètre. Ce virus à ARN simple brin de polarité positive se distingue par sa fragilité face aux cycles de congélation et décongélation, et par l'inactivation rapide de son infectiosité à une température de 49°C. Actuellement, le virus de l'hépatite E a été retiré de la classification des Caliciviridae et reste en attente d'une classification définitive (Figure 2) (Balayan, 2002).

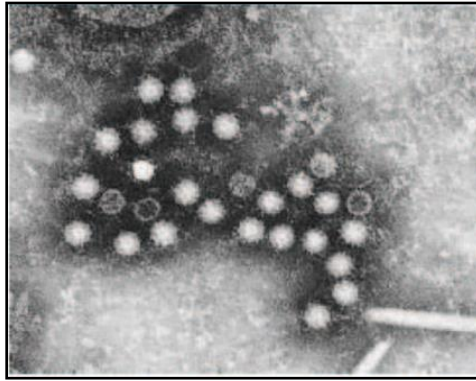


Figure 2 : Virus de l'Hépatite E en immun microscopie électronique [4].

L'infection par le virus de l'hépatite E représente la principale cause d'hépatite aiguë au niveau mondial, avec plus de 20 millions de cas et 70 000 décès recensés chaque année. Cette hépatite se manifeste généralement par une infection aiguë ne nécessitant que rarement une intervention médicale. Toutefois, les femmes enceintes infectées courent un risque élevé de développer une hépatite fulminante, accompagnée de complications graves telles que des pertes fœtales ou même un décès (Mousalli, 2023).

2.3.4. Gastro-entérites virales

La gastro-entérite se définit comme une inflammation de la muqueuse gastrique, de l'intestin grêle et du côlon. Les voies de contamination incluent l'alimentation, l'eau, les contacts interhumains, et parfois des sources zoonotiques (Jonathan et Gotfried, 2025). Les principaux virus responsables de gastro-entérites sont :

➤ *Rotavirus*

Le *rotavirus* humain (HRV), appartenant à la famille des Reoviridae, est un agent pathogène responsable de la gastro-entérite aiguë (GEA). Ce sont des rotavirus non enveloppés d'un diamètre de 100 nanomètres. Leur capsid icosaédrique est constituée de trois couches protéiques concentriques. Leur génome est constitué de 11 segments d'ARN double brin (dbRNA) (ANSES, 2025).

➤ *Adénovirus*

Les *adénovirus* se transmettent généralement par contact avec les sécrétions respiratoires d'une personne infectée ou par contact avec des objets contaminés. L'infection peut se propager

par l'air ou par l'eau. La transmission asymptomatique de virus respiratoires ou gastro-intestinaux peut se poursuivre pendant des mois, voire des années (Katez, 2024).

➤ *Astrovirus*

Les *astrovirus* sont de petits virus à ARN simple brin de polarité positive, non enveloppés, appartenant à la famille des *Astroviridae*. Ces virus peuvent infecter une grande variété d'hôtes et sont généralement associés à des maladies gastro-intestinales. Cependant, la gravité de l'infection peut varier, allant d'une absence de symptômes à une encéphalite, en fonction de l'hôte et du génotype viral (Wohlgemut *et al.*, 2019).

La famille des *astrovirus* est divisée en deux genres : le genre *Mamastrovirus* (MAstVs), regroupant les virus infectant les mammifères, et le genre *Avastrovirus* (AAstVs), incluant les virus infectant les espèces aviaires. Selon l'hôte d'origine, le neuvième rapport de la Comité international de taxonomie des virus (l'ICTV) a identifié six espèces de virus dans le genre *Mamastrovirus* et trois espèces dans le genre *Avastrovirus* (Figure 3) (Guix *et al.*, 2012).

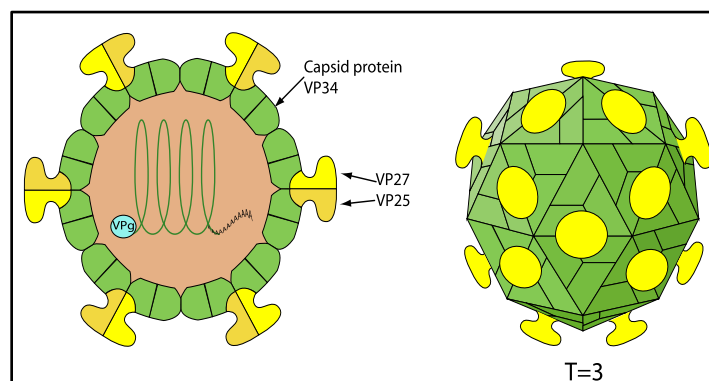


Figure 3 : Structure des *Astrovirus* [5].

➤ *Calicivirus*

De la famille des *Caliciviridae* regroupe des virus possédant un génome ARN linéaire de polarité positive, dont la taille varie entre 6,4 et 8,5 kb. Les protéines non structurales et structurales sont codées par différents cadres de lecture ouverts (ORF). Les virions sont des particules non enveloppées, mesurant entre 27 et 40 nm de diamètre, et présentant une symétrie icosaédrique. Parmi ces virus, les *norovirus* humains sont une cause majeure de gastro-entérite aiguë chez l'homme (Vinjé *et al.*, 2019).

2.4. Maladies d'origine parasitaire

2.4.1. Amibiase

L'amibiase est une maladie intestinale causée par le parasite *Entamoeba histolytica*. Cette maladie parasitaire se classe au troisième rang des maladies parasitaires les plus mortelles au monde. L'infection est généralement asymptomatique mais peut parfois entraîner de graves complications (Charline, 2024).

Les amibes peuvent se propager directement d'une personne à l'autre par transmission fécale-orale ou indirectement par la nourriture ou l'eau. Les personnes atteintes de la maladie peuvent être asymptomatiques ou souffrir de diarrhée, de constipation, de crampes abdominales, de sensibilité abdominale supérieure et de fièvre (Charline, 2024).

➤ Agent responsable

Ce protozoaire est classé dans l'ordre des *Amoebida*, la famille des *Endamoebidae* et le genre *Entamoeba*. Parmi les huit espèces d'amibes intestinales, seule *Entamoeba histolytica* est pathogène, tandis que les autres sont considérées comme non pathogènes et provoquent rarement des maladies chez l'homme (Ben Ayed et Sabbahi, 2017).

➤ Cycle évolutif

Entamoeba histolytica est un parasite spécifique au gros intestin humain, dont le cycle biologique comprend deux stades :

- ✓ Les trophozoïtes : mobiles, ils sont responsables des infections et des manifestations cliniques. Ils se déplacent de manière unidirectionnelle, se multiplient dans la lumière intestinale et peuvent infiltrer la paroi du côlon ou du rectum. Par voie hématogène, ils sont capables d'atteindre d'autres tissus. Présents en grande quantité dans les sécrétions muco-sanglantes ou les selles diarrhéiques, les trophozoïtes sont peu résistants en dehors de leur environnement naturel.
- ✓ Les kystes : immobiles, ils assurent la transmission de la maladie. Éliminés avec les selles des personnes infectées, ces kystes sont résistants dans le milieu extérieur (péril fécal) et peuvent contaminer l'environnement tout en étant directement infectieux (Figure 4) (Chadee, 2010).

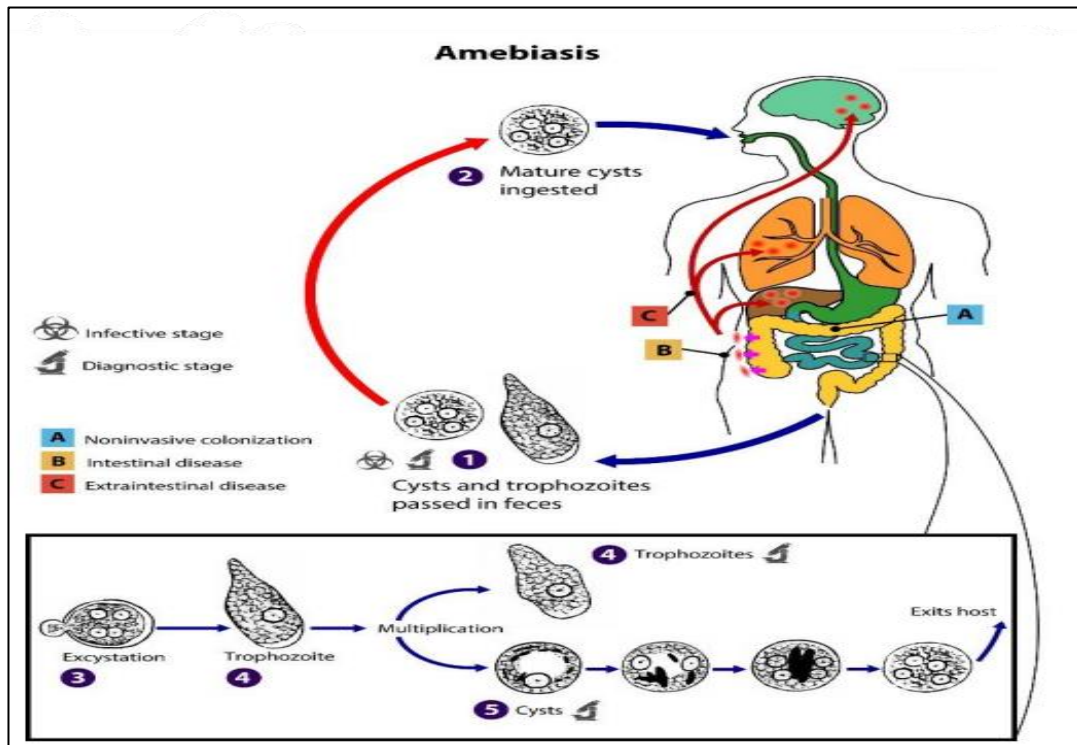


Figure 4 : Cycle d'*Entamoeba histolytica* [6].

2.4.2. Giardiase

La giardiase, également appelée lambliaise, est une infection provoquée par le protozoaire flagellé *Giardia duodenalis* (ou *G. lamblia*, *G. intestinalis*). Cette infection peut être asymptomatique ou entraîner des manifestations cliniques variées, allant d'une flatulence intermittente à une diarrhée chronique causée par une malabsorption.

La transmission directe de personne à personne par contact est courante. Il existe une possibilité de contamination par contact sexuel. Les kystes peuvent également se propager par l'eau contaminée par des excréments humains ou animaux, ce qui explique la transmission indirecte de personne à personne (Charline, 2024).

L'eau constitue le principal vecteur de contamination, qu'il s'agisse d'eau potable, d'ingestion accidentelle lors de baignades ou d'eau utilisée pour l'irrigation par aspersion des cultures fruitières et maraîchères (Dixon et Brent, 2021).

➤ Cycle évolutif

Dans le duodénum, les kystes se transforment en parasites actifs. Ils se déplacent au moyen de flagelles, se multiplient rapidement et se fixent à la surface de l'intestin. Cela peut endommager les cellules qui tapissent les intestins, ce qui peut provoquer des problèmes

digestifs. En traversant le côlon, les *Giardia* se transforment en kystes très résistants qui sont évacués dans les selles. Ils survivent dans la nature et pourraient donc devenir de nouvelles sources de pollution (Santè, 2025).

2.4.3. Cryptosporidiose

La cryptosporidiose est une infection provoquée par le protozoaire *Cryptosporidium*, généralement transmise par voie fécale-orale. Son principal symptôme est une diarrhée aqueuse, souvent associée à divers troubles gastro-intestinaux. Chez les personnes immunocompétentes, l'infection se résout spontanément, mais elle peut devenir persistante et sévère chez les patients atteints du VIH, en particulier à un stade avancé de la maladie. La transmission de l'infection se fait par consommation d'eau ou d'aliments contaminés ou par contact avec des personnes ou des animaux infectés (Charline, 2024).

Cryptosporidium parvum est une espèce de protozoaires intracellulaires appartenant à la famille des *Cryptosporidiidae* et à l'embranchement des *Apicomplexa*¹. Un cycle évolutif complexe est présenté, comprenant des cycles sexués et asexués qui se déroulent dans un seul hôte. Le stade extracellulaire et environnemental des oocystes est constitué d'une paroi épaisse. Presque sphériques, ils ont une taille comprise entre 4 et 6 μm (Xiao et Cama, 2007).

2.4.4 Bilharzioses

Les bilharzioses ou schistosomiasés sont des affections parasitaires dues à des trématodes, vers plats, a sexes séparés, hématophage, vivant au stade adulte dans le système circulatoire des mammifères et évoluant au stade larvaire chez un mollusque d'eau douce (Anofel, 2006). Cinq espèces des schistosomes ont été incriminées dans la pathologie humaine. Le Schistosome urinaire, la seule présente en Algérie est *Schistosoma haematobium* (Benzemma et al., 2011).

L'infestation se produit dans de l'eau douce hébergeant des formes larvaires de schistosomes, qui se développent dans les mollusques. Les larves libres pénètrent dans l'épiderme chez les nageurs ou des personnes qui marchent dans l'eau. L'infestation des mollusques résulte de l'excrétion d'œufs dans l'urine et les excréments humains (Nakpil, 2010).

2.5. Maladies d'origine fongique

2.5.1. Candidose

La candidose est une infection courante de la peau, de la cavité buccale et de l'œsophage, tractus gastro-intestinal, vagin et système vasculaire des humains. Bien que la plupart

des infections surviennent chez les patients qui sont immunodéprimés ou affaiblis de d'une autre manière, l'organisme le plus souvent responsable de la maladie, *Candida albicans*, exprime plusieurs facteurs de virulence qui contribuent à la pathogénie. Ces facteurs incluent des biomolécules de reconnaissance de l'hôte (adhésines), morphogénèse (la transition réversible entre les cellules de levure unicellulaires et formes filamenteuses, de croissance), les protéases aspartiques sécrétées et les phospholipases. De plus, le changement phénotypique s'accompagne de modifications de l'antigène expression, morphologie des colonies et affinités tissulaires dans *C. albicans* et plusieurs autres *Candida spp* (Calderone et Fonzi, 2001).

Chapitre II

Matériel et Méthodes

1. Objectif des analyses microbiologiques de l'eau

L'objectif des analyses microbiologiques de l'eau est de détecter la présence de germes dans un échantillon, afin de prendre des décisions préventives avant sa consommation. Ces analyses jouent un rôle essentiel dans la prévention des risques sanitaires liés à l'ingestion d'eau contaminée. Elles permettent de s'assurer que l'eau respecte les normes de potabilité établies par l'OMS. Ainsi, elles contribuent à protéger la santé publique en évitant la propagation de maladies d'origine hydrique (Ngalamulume *et al.*, 2021).

2. Echantillonnage

2.1. Points de prélèvement

Dans le cadre de l'analyse de la qualité microbiologique de l'eau et de son impact sur les maladies hydriques, nous avons sélectionné six points de prélèvement dans la wilaya de Guelma. Parmi eux, deux sources, deux robinets consommateurs et deux oueds. Concernant les robinets, nous avons choisi celles de la résidence universitaire Yahia Salah (**Figure 5**) et de cité Bara Lakhdar (**Figure 6**), car elles représentent deux centres principaux de distribution d'eau de la wilaya, permettant ainsi une étude couvrant une large zone géographique.

Pour les sources, nous avons opté pour les deux plus connues et les plus consommées, à savoir la source de Ain Larbâa (**Figure 9,10**), recommandée par les médecins pour les maladies rénales, et la source de Sidi Abid (**Figure 7,8**). Enfin, les cours d'eau étudiés incluent Oued Zenati (**Figure 12**) et Oued Seybousee (**Figure 11**), largement utilisés pour l'irrigation et l'agriculture, afin d'évaluer l'impact des eaux d'irrigation sur la transmission des maladies.

Les analyses microbiologiques ont été réalisées au niveau de laboratoire de l'Université 08 mai 1945 Guelma et dans la station d'opération d'eau potable Hammam Dbagh (Guelma). Ce travail a été réalisé durant la période du 09/02/2025 au 10/03/2025.



Figure 5 : Photo satellite de station de prélèvements Yahia Salah.



Figure 6 : Photo satellite de station de prélèvements cité Bara Lakhdar.

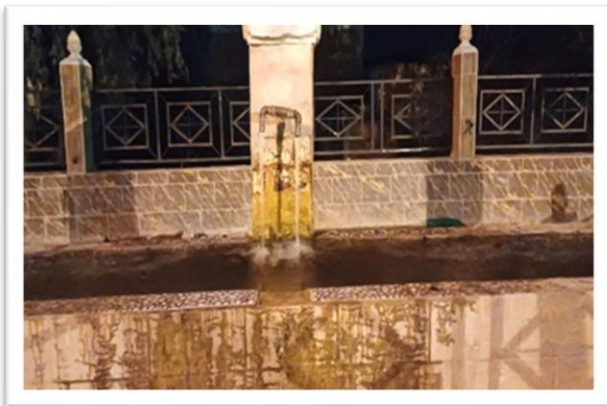


Figure 7 : Site de prélèvement Sidi Abid.



Figure 8 : Photo satellite de station de prélèvements Sidi Abid.



Figure 9 : Site de prélèvement Ain Larbaa.



Figure 10 : photo satellite de station de prélèvements Ain Larbaa.



Figure 11 : Photo satellite de station de prélèvements Oued Seybouse.

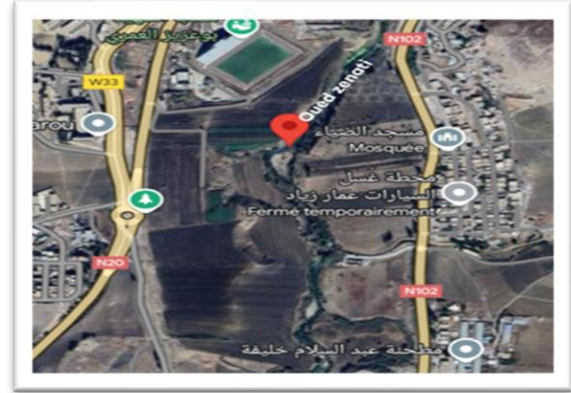


Figure 12 : Photo satellite de station de prélèvements Oued Zenati.

Tableau 2 : Caractéristiques et périodes de prélèvement.

Site de prélèvement		Date de prélèvement	Heur de prélèvement
Robinets	Cité Bara Lakhdar	17 /02/2025	10 :05
	RU Yahia Salah	17 /02/2025	10 :10
Sources	Sidi Abid	23/02/2025	05 :04
	Ain Larbaa	23/02/2025	06 :06
Oueds	Oued Zenti	24/02/2025	06 :10
	Oued Seybouse	24/02/2025	07 :20

2.2. Matériel et méthodes de prélèvement

Pour les analyses bactériologiques, il est essentiel de respecter des règles d'asepsie afin d'éviter toute modification de la flore microbienne lors du prélèvement et du transport des échantillons. Les manipulations effectuées durant le prélèvement ne doivent en aucun cas être une source de contamination. Ainsi, l'utilisation d'instruments stériles est indispensable. Il est nécessaire d'utiliser des bouteilles à large ouverture, propres, sèches, scellées, et stérilisées par autoclave à 180 °C pendant 20 minutes, ou des bouteilles stériles à usage unique (Rodier, 2009).

Avant le prélèvement aseptique, chaque flacon doit être identifié à l'aide d'une étiquette claire et durable mentionnant les informations essentielles (site, date, heure du prélèvement, etc.), afin d'assurer la traçabilité de l'échantillon (Benyagoub et al., 2018).

2.3. Transport et conservation au laboratoire

Il convient d'éviter la congélation des échantillons. Au cours du transport, les échantillons doivent demeurer dans l'obscurité et dans une plage de température variant entre 1 et 4 °C (si le transport dure plus de deux jours) (Rodier, 2009).

3. Recherche et dénombrement des indicateurs de contamination

3.1. Dénombrement des germes totaux

➤ Principe

Il s'agit du dénombrement des germes aérobies mésophiles se développant bien sur milieu ordinaire. Le dénombrement des germes totaux est utile dans la mesure où il évalue le degré de contamination (Hellal, 2011). En utilise gélosé glucosée tryptonée l'extrait de levure (TGEA).

➤ Mode opératoire

- A partir de l'eau prélevée et des dilutions décimales de 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} et 10^{-5} nous avons porté aseptiquement 1ml en double dans deux boîtes de Pétri vides d'un diamètre de 90 mm.
- Compléter ensuite avec environ 19 ml de TGEA fondue et refroidie à $45 \pm 2^\circ\text{C}$.
- Faire ensuite des mouvements circulaires et en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose.
- Laisser solidifier, puis rajouter une deuxième couche d'environ 5 ml de TGEA.
- Marquer sur chacune des boîtes de pétri le numéro d'enregistrement de l'eau à Analyser, la température d'incubation et la dilution.

➤ Incubation

Les boîtes seront partagées en deux séries distinctes :

- La première série sera incubée à $22 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant $68 \pm 4\text{h}$.
- La seconde série sera incubée à $37 \pm 2^\circ\text{C}$, pendant $44 \pm 4\text{h}$.

➤ Lecture

- Les colonies apparaissent en masse sous formes lenticulaires.
- Retenir les boîtes qui renferment entre 15 et 300 colonies, au niveau de deux dilutions successives.
- Calculer ensuite le nombre, de microorganismes dans 1ml à $22 \pm 2^\circ\text{C}$ à part, et celle de microorganismes à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ à part, à l'aide de l'équation suivante :

$$\frac{\sum c}{(n1 + 0.1n2) d}$$

Où :

- Σc : la somme totale des colonies comptées.
- $n1$: nombre de boîtes comptées dans la 1ere dilution.
- $n2$: nombre de boîtes comptées dans la 2ème dilution.
- d : Facteur de dilution à partir duquel le premier comptage a été obtenu.

✂ Les résultats sont exprimés en nombre des UFC/ ml (unités formats une colonie).

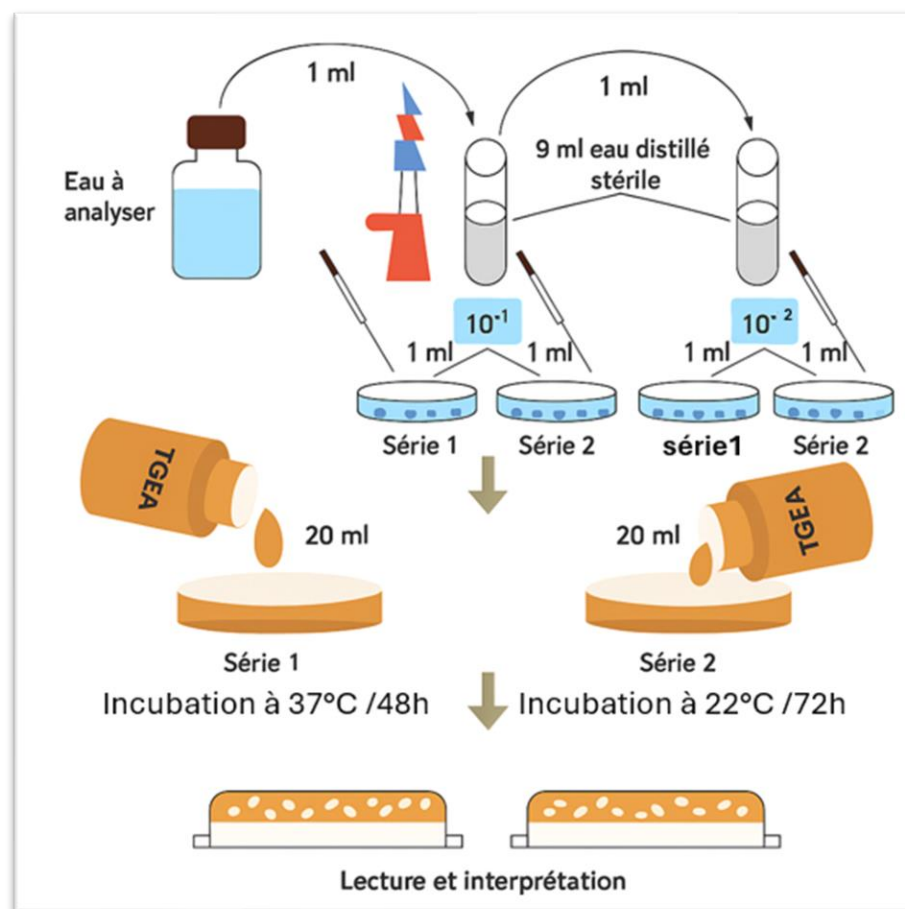


Figure 13 : Protocole de recherche et de dénombrement des germes totaux (Abdellaoui et al., 2012).

3.2. Recherche et dénombrement des coliformes

Les coliformes sont des entérobactéries capables de fermenter le lactose, qui ne sont généralement pas très entomopathogènes. Parmi elles, on retrouve les genres *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, et *Klebsiella*.

Toutefois, il existe une corrélation entre la présence de bactéries coliformes, indicatrices de contamination fécale, et celle de bactéries pathogènes. Ces coliformes sont naturellement présents dans l'intestin des animaux à sang chaud, mais également dans les sols. Les coliformes intestinaux peuvent être identifiées par leur tolérance à une température de 44-45°C. La détection de ces coliformes thermotolérants constitue une preuve irréfutable de contamination par matières fécales. Dans les eaux brutes, leur nombre est utilisé comme indicateur de probabilité de présence de bactéries pathogènes. Dans les eaux traitées, la présence de coliformes thermotolérants reflète une inefficacité du processus de stérilisation (Hellal, 2011).

3.2.1. Technique de la filtration sur membrane

➤ Mode opératoire

- On utilise le milieu Tergitol Agar stérile.
- Dans des conditions aseptiques, des volumes de 100 ml d' eau sont filtrés sur membranes stériles (0.45 µm de porosité) (Rodier et al., 2020) à l'aide d'un système de filtration sur membrane relié à une trompe à eau (Figure 14).



Figure 14 : Rampe de filtration.

- Les membranes sont ensuite aseptiquement transférées sur des boîtes pétries contenant le gélose Tergitol 7 Agar stérile sur lequel cultivent les germes retenus sur la membrane.

➤ **Incubation**

- Pour la recherche et le dénombrement des coliformes totaux, les boîtes sont incubées à 37°C.
- Alors que pour les coliformes fécaux, les boîtes sont incubées à 44°C.

➤ **Lecture**

- Après 24h, les colonies de bactéries sont identifiables à l'œil nu.
- Les résultats sont exprimés en nombre de colonies par 100 ml d'eau filtrée.
- En tout premier lieu, on s'assure que la souche présente une morphologie en bacille à Gram négatif et oxydase négative.
- La confirmation des coliformes fécaux à l'espèce *Escherichia coli* se faisait dans la seconde étape.
- On a prélevé les diverses colonies isolées sur gélose Tergitol 7 pour les identifier par la production d'Indole et par les épreuves de citrate et de fermentation du lactose à 37°C et 44°C (Rodier, 2009).
- Les isolats lactose positive sont identifiés par galerie Api20E.
- Pour la recherche de tryptophanase, on a transféré les colonies suspectes isolées dans des tubes stériles contenant chacun du milieu urée-tryptophane.
- Après incubation de 24 h à 37°C±2°C on a ajouté le réactif de Kovacs dans le tube pour observer si une coloration rouge en anneau apparaît (Ouhssassi *et al.*, 2013).

3.2.2. Technique sur milieu liquide.

➤ **Mode opératoire**

Les coliformes totaux sont des bacilles à Gram négatif, non sporulés, oxydase négative, capables de se développer en conditions aérobies et anaérobies facultatives. Leur multiplication s'effectue à 37°C en 24 heures. La détection présomptive de ces bactéries est réalisée sur un milieu bouillon lactosé au pourpre de bromocrésolé (BCPL) (Abouelouafa, 2002).

Les coliformes fécaux, également appelés coliformes thermotolérants, possèdent les mêmes caractéristiques que les coliformes totaux, mais nécessitent une incubation à 44°C pour leur identification (Rodier, 2009).

La confirmation de leur présence s'effectue sur un milieu Schubert, accompagné d'une cloche de Durham.

➤ **Test présomptif**

L'ensemencement aseptique est réalisé avec l'eau à analyser dans différents milieux :

- Trois tubes de 9 ml de BCPL à double concentration contenant 10 ml d'échantillon.
- Trois tubes de 9 ml de BCPL à simple concentration contenant 1 ml d'échantillon.
- Trois tubes de 9 ml de BCPL à simple concentration contenant 0,1 ml d'échantillon.
- Après homogénéisation et élimination de l'air contenu dans la cloche de Durham, les tubes sont incubés à 37°C pendant 24 à 48 heures.

➤ **Lecture**

Les tubes positifs présentent une turbidité homogène, un changement de couleur du violet au jaune, ainsi qu'un dégagement gazeux supérieur à 1/10 de la hauteur de la cloche, confirmant la fermentation du lactose. Le nombre total de tubes positifs est comparé à la table du NPP pour déterminer la concentration en coliformes dans 100 ml d'eau analysée.

➤ **Test confirmatif**

Ce test vise à confirmer la présence de coliformes thermotolérants, avec une attention particulière portée à *Escherichia coli*. Les tubes de BCPL positifs lors du test présomptif sont repiqués à l'aide d'un ose bouclé et transférés dans un tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham. L'incubation s'effectue cette fois à 44°C pendant 24 heures.

➤ **Lecture**

- La présence de coliformes thermotolérants est confirmée par l'apparition d'un dégagement gazeux et d'un anneau rouge en surface, caractéristique de la production d'indole par *E. coli* après addition de 2 à 3 gouttes de réactif de Kovacs.
- Le nombre de tubes positifs est comparé à la table du NPP pour déterminer la concentration en coliformes fécaux présents dans l'échantillon d'eau (**Figure 15**).

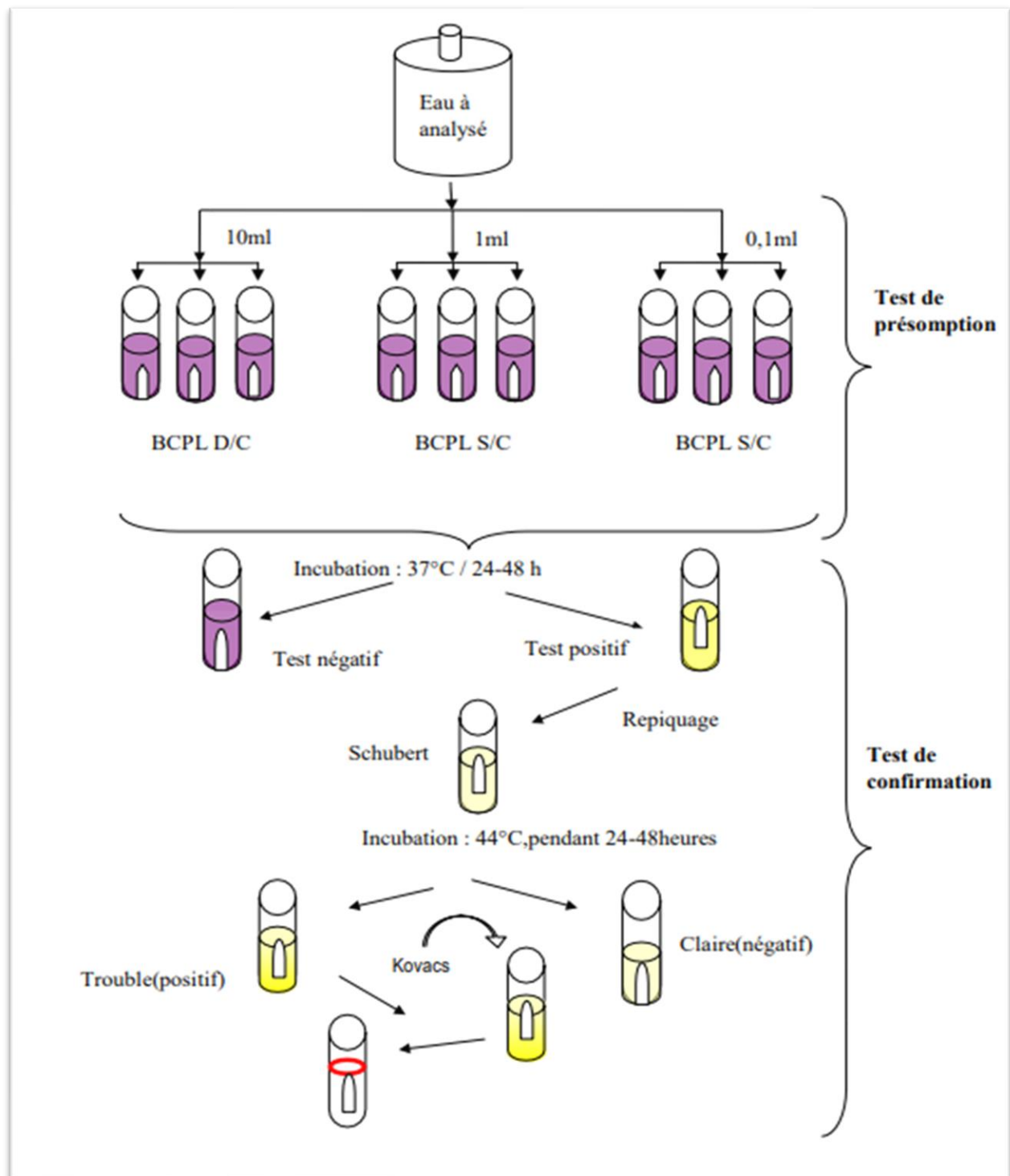


Figure 15 : Recherche et dénombrement des coliformes en milieu liquide (Alia *et al.*, 2018).

3.3. Recherche des Streptocoques fécaux

Les Streptocoques fécaux (*Enterococcus* ou *Streptococcus D*) sont des commensaux l'intestin. Le nombre de Streptocoques étant en général peu élevé, on utilise. Dans un premier temps un milieu d'enrichissement relativement sélectif, le milieu de Rothe. Ils sont recherchés de manière présomptive sur le milieu de Rothe (bouillon glucosé à l'azide). Ce milieu n'est pas spécifique des Streptocoques fécaux car il permet le développement d'autres Streptocoques. Un développement positif constitue une présomption de streptocoques fécaux. Les tubes incriminés sont repiqués sur le milieu liquide en tube de Listky à l'azide et l'éthyle violet qui lui est spécifique (Hellal, 2011).

3.3.1. Technique de la filtration sur membrane

➤ Mode opératoire

- Filtré volumes de 100 ml d'eau sont filtrés sur membranes stériles (0.45 µm de porosité)
- Après filtration, la membrane est placée sur gélose Slanetz et Bartley.
- Les boîtes sont Incubées à $36 \pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant 44 ± 4 heures.

➤ Lecture

- Toutes les colonies rouges ou marron sont comptées comme streptocoques fécaux.
- Les colonies typiques rouges ou marron étaient ensuite soumises à plusieurs tests de confirmation.
- Dans le cadre de cette étude, les colonies étaient rapportées comme *Entérocoques* ou comme streptocoques intestinaux selon leurs réponses aux divers tests de confirmation (Ouhasssi et al., 2013).

3.3.2. Techniques sur milieu liquide

➤ Mode opératoire

A partir de l'eau à analyser, on ensemence aseptiquement :

- Trois fois 10 ml, dans Trois tubes contenant 9ml de milieu Rothe à double concentration.
- Trois fois 1 ml, dans Trois tubes contenant 9ml de milieu Rothe à simple concentration.
- Trois fois 0,1 ml, dans Trois tubes contenant 9ml de milieu Rothe à simple concentration.
- L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

➤ Lecture

- Les tubes présentant un trouble microbien seront considérés comme positifs, et la lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP.

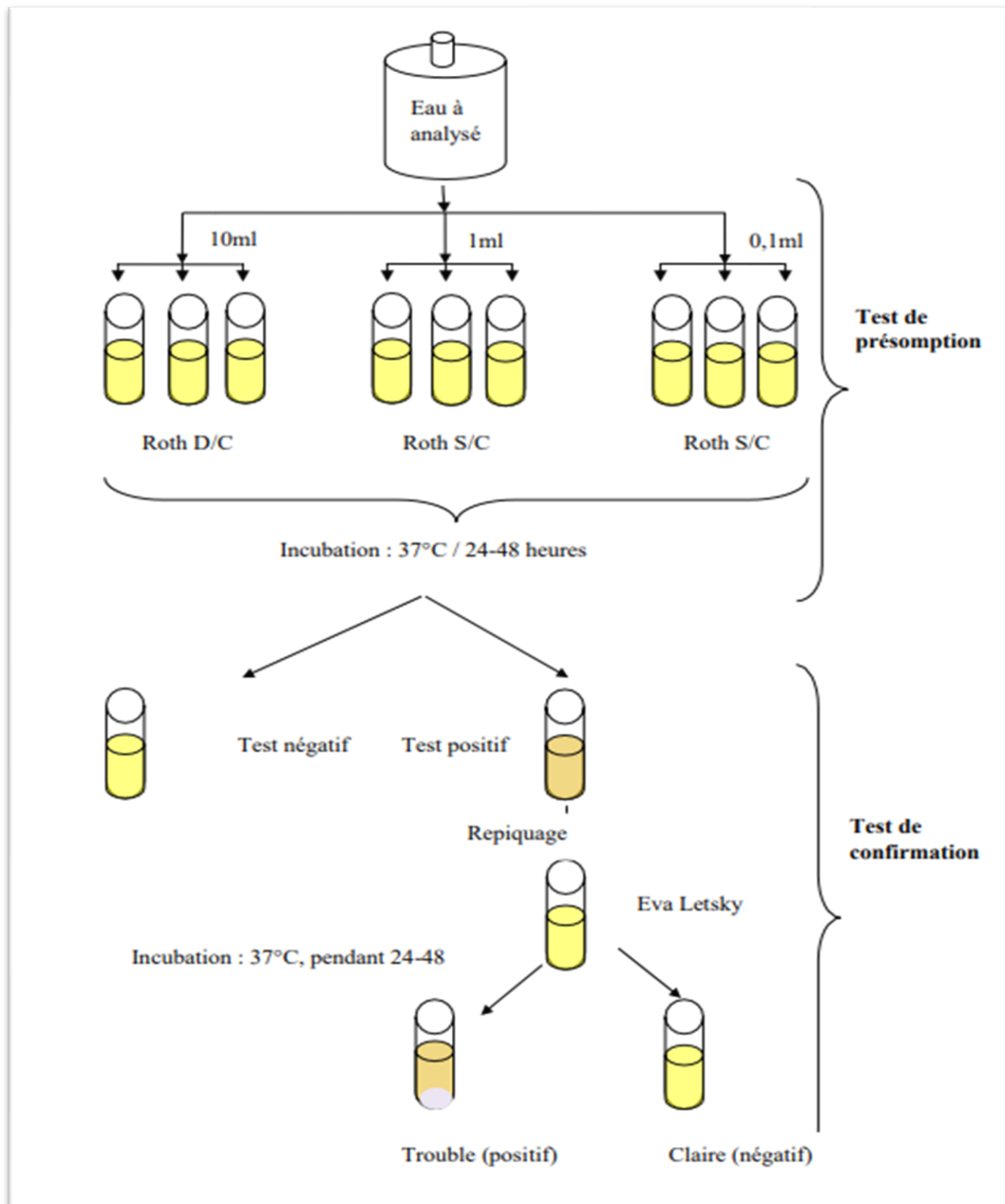


Figure 16 : Protocol de recherche et de dénombrement des *Streptococcus* fécaux (Alia *et al.*, 2018).

➤ Test confirmatif

Le test confirmatif est basé sur la confirmation des streptocoques du groupe (D) éventuellement présents dans le test de présomption. Les tubes de Rothe trouvés positifs feront donc l'objet d'un repiquage de 1ml dans un tube contenant le milieu Eva-Litsky (Rejsek, 2002 ; Délarras, 2008).

➤ Incubation

- L'incubation se fait cette fois ci à 37°C, pendant 24 à 48heures.

➤ Lecture

Seront considérés comme positifs les tubes présentant à la fois :

- Un trouble microbien.
- Une pastille violette (blanchâtre) au fond de tube.
- La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table de Mac Grady (Annexe 1) (Fouad *et al.*, 2013).

3.4. Dénombrement des *Clostridium* sulfito-réducteur

Les anaérobies sulfito-réducteurs sont des indicateurs d contamination ancienne. Le dénombrement des *Clostridium* sulfito-réducteurs s'appuie sur la résistance thermique de leurs spores. Un chauffage à 120 °C pendant 10 minutes active leur germination, permettant ensuite leur croissance sur un milieu sélectif pour les dénombrer (Benateya-Hellal, 2023).

Donc les ASR sont fréquemment utilisés comme indicateurs d'une pollution fécale ancienne ou sporadique.

➤ Mode opératoire

La recherche des *Clostridium* sulfito-réducteurs se fait sur tubes contenant 20ml de milieu viande foie (VF) en surfusion additionné de sulfite de sodium et alun de fer (0,5 ml sulfite de sodium à 5% + 2 gouttes d'alun de fer à 5%) (Benateya, 2023).

- 20ml d'eau à analyser réparti dans 4tubes stériles à raison de 5ml par tube.
- Chauffage à 120°C pendant 10min, pour la destruction des formes végétatives des bactéries.
- Refroidissement brutal sous l'eau de robinet.
- Ajouter 15ml de gélose viande-foie et additionné de sulfite de sodium et de sels de fer plus huile de paraffine.
- Incubation à 37°C pendant 24h et 48h.

➤ **Lecture et identification**

Après l'incubation s'il y a des colonies blanche entourée d'un halo noir ce qui traduit la présence des ASR.

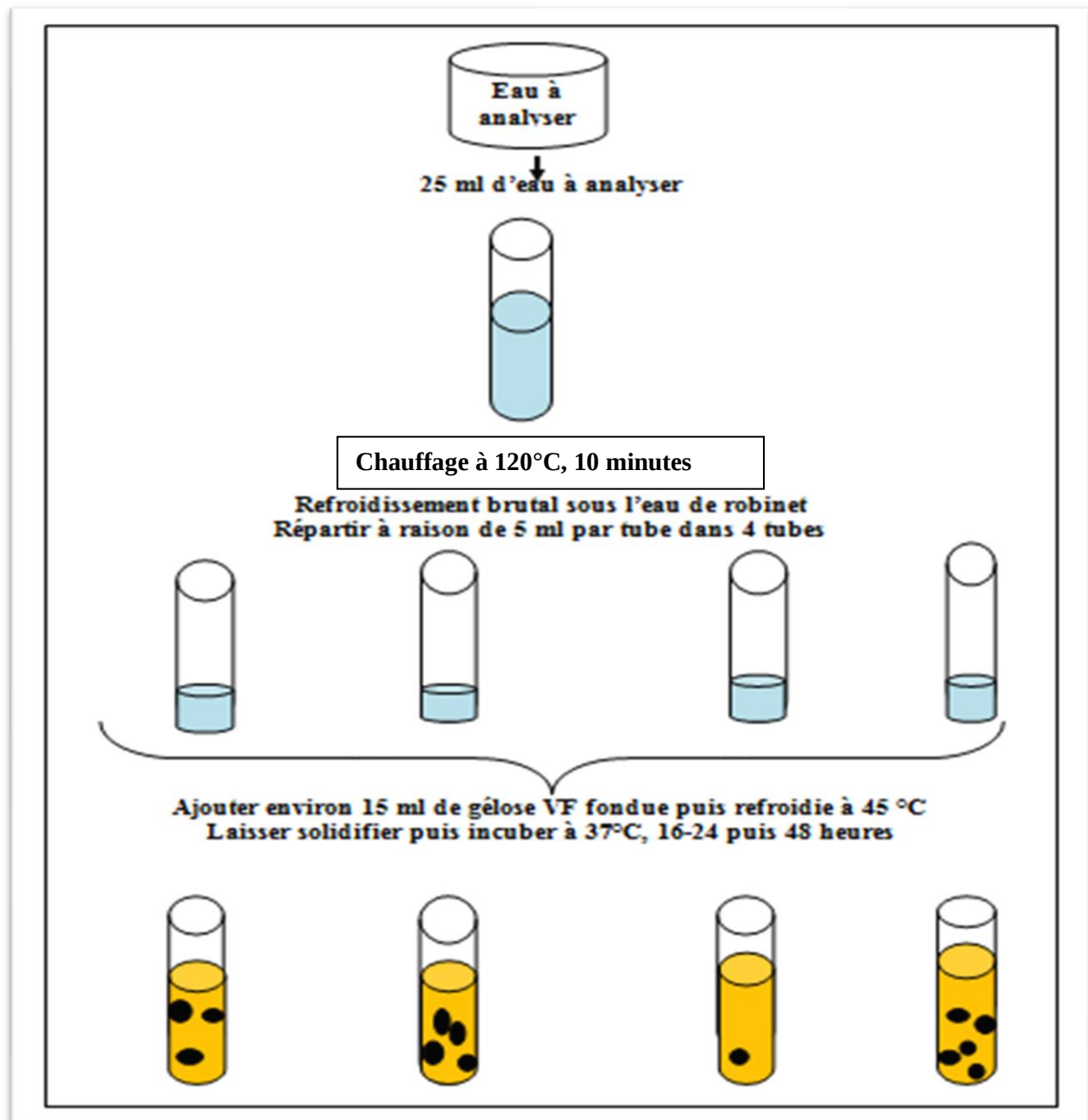


Figure 17 : Recherche et de dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) (Lebres et Mouffok, 2008).

4. Recherche et identification des germes pathogènes

4.1. Recherche des Entérobactéries

➤ Milieu de culture

La gélose Mac Conkey, et la gélose Hektoen milieu sélectif pour les Entérobactéries en général, elle permet l'élimination de la flore secondaire grâce à l'action de deux inhibiteurs : le cristal violet est inhibiteur de la flore Gram positive et les sels biliaires permettent la sélection des Entérobactéries (Larpent, 1997).

Les géloses Mac Conkey et Hektoen ont étéensemencés avec 0.1 ml de culture prélevée en milieu d'enrichissement. Toutes les boîtes sont incubées à 37° C pendant 18 à 24 h (**Figure 16**) (Larpent, 1997).

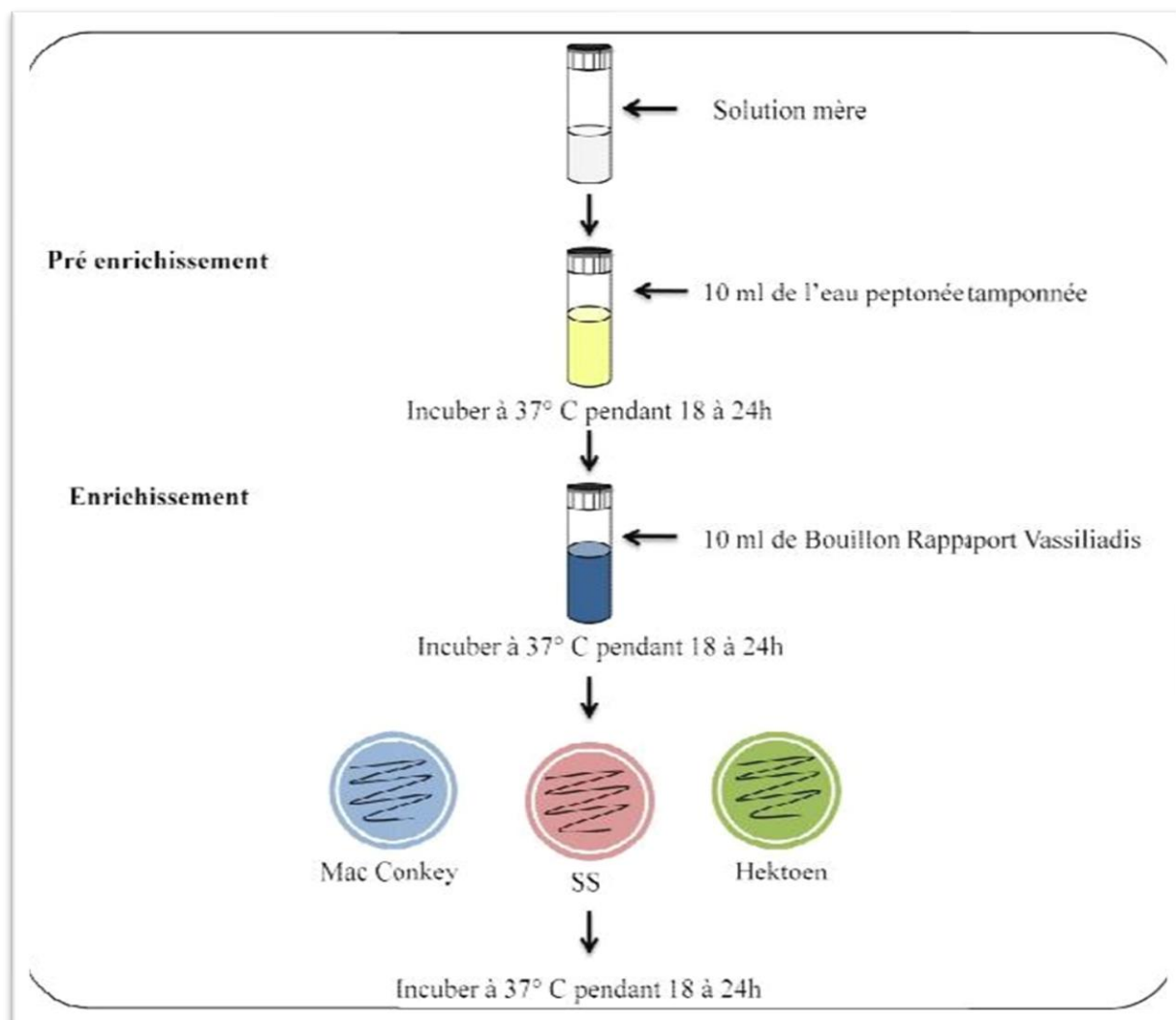


Figure 18 : Isolement des Entérobactéries pathogènes (Benslim, 2015).

4.2. Recherche des Staphylocoques

Le milieu de Chapman permet l'isolement sélectif des Staphylocoques grâce à leur tolérance à une concentration élevée en chlorure de sodium (NaCl). Il permet également de différencier l'espèce *Staphylococcus aureus* par sa capacité à dégrader le mannitol et à produire fréquemment un pigment caractéristique (Marchal *et al.*, 1982).

➤ Mode opératoire

- Ensemencer l'échantillon dans une boîte de pétri de milieu Chapman.
- Incuber à 37° C pendant 24h.

➤ Lecture

Après incubation les résultats sont interprétés comme suit :

- Colonies mannitol positives : Elles apparaissent jaunes et sont entourées d'une auréole jaune dans le milieu, indiquant la fermentation du mannitol.
- Le milieu Chapman permet uniquement une orientation présomptive pour l'identification de l'espèce *Staphylococcus aureus* ; cependant, des tests de confirmation restent indispensables.

➤ Test catalase

Une goutte d'eau oxygénée est déposée sur une lame, suivie d'une colonie prélevée à partir du milieu Chapman. L'apparition immédiate de bulles gazeuses indique la présence de l'enzyme catalase (Marchal, 1982).



➤ Test Staphylocoagulase

À partir des colonies suspectes de *Staphylococcus aureus* isolées sur le milieu Chapman, ensemencer un bouillon cœur-cerveau, puis incuber à 37°C pendant 18 heures. Ensuite, prélever 0,5 ml de cette culture et le mélanger, dans un tube stérile, avec du plasma de lapin oxalé. L'ensemble est incubé à 37°C pendant 24 heures (Délarras, 2008).

4.3. Recherche des Salmonelles et Shigelles

➤ Mode opératoire

La recherche de *Salmonella* à partir des prélèvements d'environnement, d'aliment et d'eau a ainsi été menée.

- L'enrichissement s'effectue dans un milieu spécifique tel que le milieu Sélénite-Cystéine ou le Sélénite F. Broth. (S.F.B.).

- A partir du bouillon d'enrichissement, l'isolement s'effectue sur le milieu Hecktoen et ou sur milieu *Salmonella Shigella* (SS).
- L'incubation se fait à 37°C, pendant 24 heures (Rodier *et al.*, 1996).

➤ **Lecture**

- Les *Salmonella* se présentent sous forme de colonies de couleur gris bleu à centre noir (Rejesk, 2002 ; Delarras, 2008).
- Les colonies isolées feront l'objet d'une identification morphologique et biochimique, selon les étapes suivantes :
- Observation macroscopique des colonies (forme, couleur, aspect).
- Examen microscopique : état frais pour la mobilité et coloration de Gram.
- Réalisation d'un test d'identification biochimique à l'aide de la galerie API 20E et test oxydase (Figure 19) (Lebres, 2002).

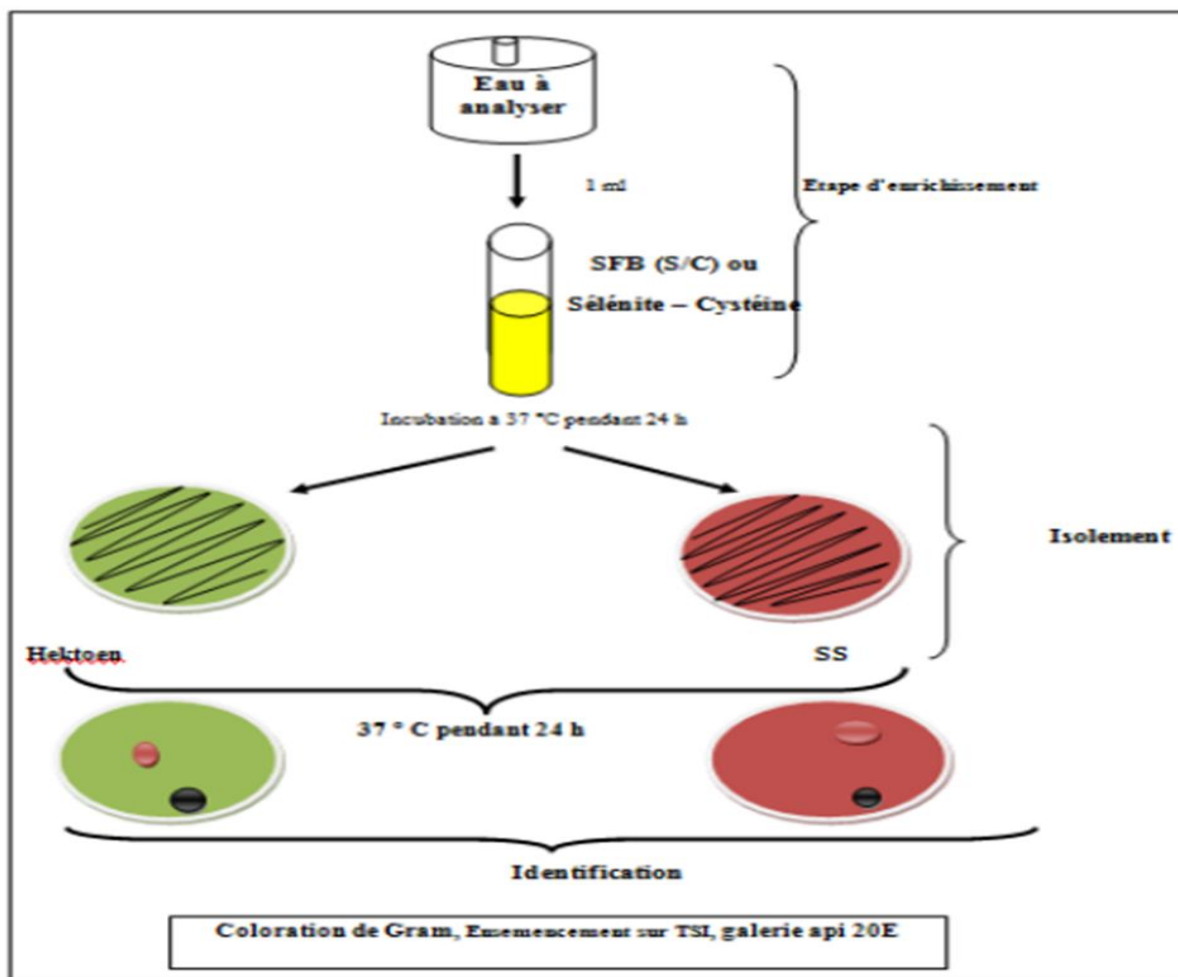


Figure 19 : Recherche et identification des *Salmonella* dans les eaux (Rodier, 1996).

4.4. Recherche des *Vibrio choléra*

➤ Mode opératoire

- Pour l'enrichissement en ajouter 1 ml de l'échantillon mère dans un tube de 10 ml de l'eau peptonée alcaline (EPA : milieu d'enrichissement).
- Incuber à 37° C pendant 3 heures.
- Après incubation, prélever en surface une anse de culture et ensemer un autre tube contenant 10 ml de l'E.P.A.
- Incuber à 37°C pendant 3 heures (Dellarras, 2000).
- Ensemer une boîte de GNAB (milieu d'isolement) à pH=8 à partir du dernier milieu d'enrichissement.
- Incuber à 37° C pendant 24 h (Dellarras, 2000).

➤ Lecture

- Aspect macroscopique : les *Vibrions* se présentent le plus souvent sous forme de grosse
- Colonies lisses et transparentes caractéristique sur la géloseensemencée (Dellarras, 2000).
- Aspect microscopique : ce sont des bacilles, mobiles et coloration de Gram négatif.
- Test oxydase : les *Vibrions* sont Oxydase (+).
- Tests biochimiques : classiques ou de préférence une API 20E (Dellarras, 2000).

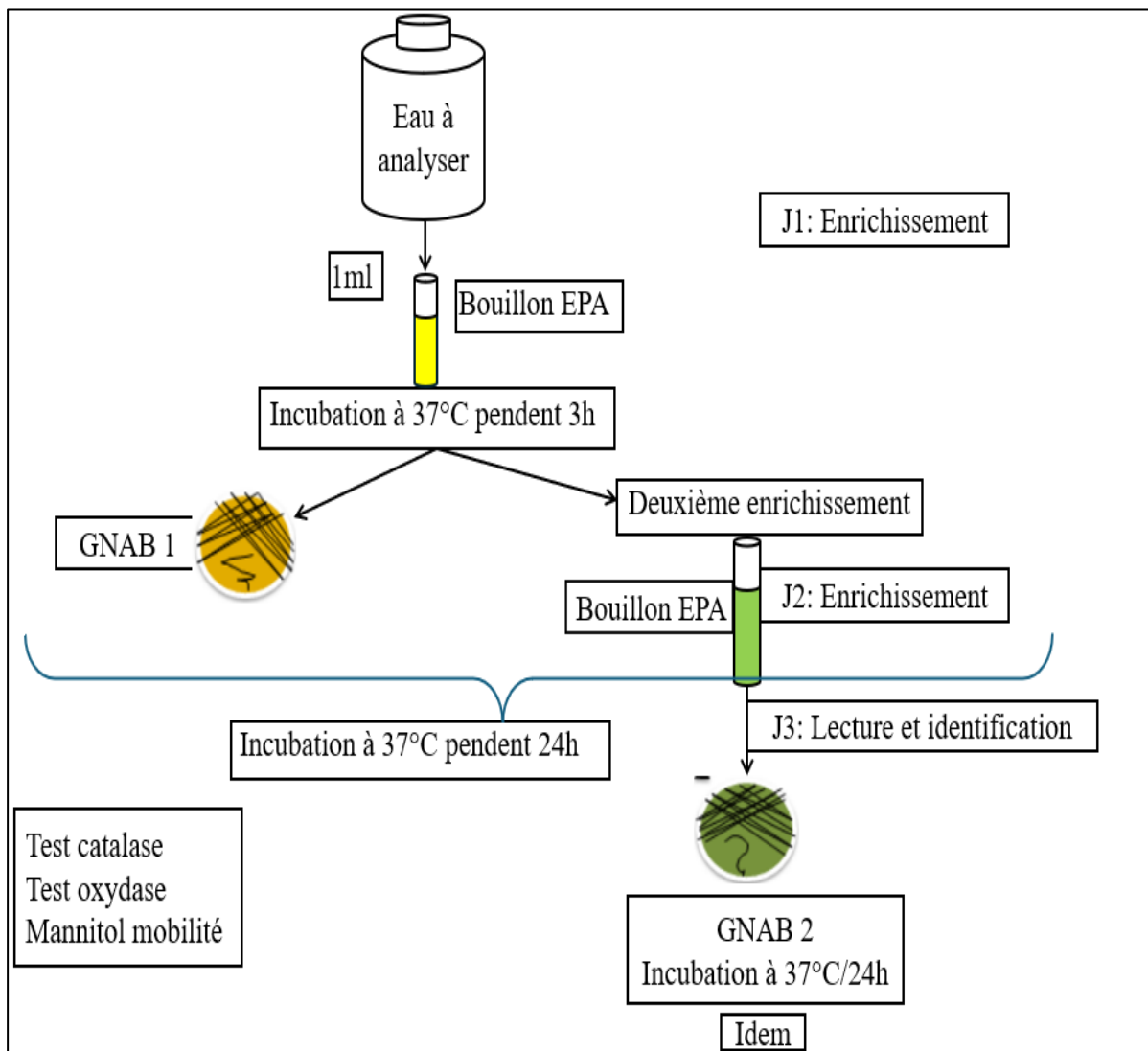


Figure 20 : Protocole de recherche des *Vibrio cholera* (Abdellaoui *et al.*, 2012).

4.5. Recherche des *Pseudomonas*

➤ Mode opératoire

- Lorsque le germe *Pseudomonas* a la capacité de se cultiver très facilement sur un milieu ordinaire à cause de leur faible exigence nutritive (Dellarras, 2000).
- La gélose au Cétrimide est un milieu sélectif, qui permet l'isolement des *Pseudomonas* et notamment de *P. aeruginosa*. Ce milieu gélosé est relativement pauvre, et contient un antiseptique : le Cétrimide. Ce milieu est similaire au milieu King A, favorise aussi la production des pigments, son isolement a été réalisé sur gélose au Cétrimide. L'incubation se fait à 37° C pendant 24h.

➤ Lecture

- A l'état frais on voit des cellules mobiles grâce à des flagelles polaires, et dans la coloration de Gram sont des bacilles à Gram négatif (Dellarras, 2000).
- Les *Pseudomonas* ont une oxydase positive.

➤ Recherche de la pyoverdine et la pyocyanine

- A partir d'une culture sur Cétrimide faire une suspension en eau distillée stérile, et ensemencer deux milieux gélosés : King A et King B.
- Le milieu King A est destiné à favoriser sélectivement la synthèse de la pyocyanine (pigment élaboré spécifiquement par *Pseudomonas aeruginosa* (bacille pyocyanique).
- Le milieu King B est destiné à favoriser la synthèse du pigment jaune-vert fluorescent (pyoverdine) par le bacille pyocyanique et divers autres *Pseudomonas*.
- Les milieux sont inoculés par une strie médiane.
- L'incubation se fait à 37° C pendant 1 à 4 jours (Dellarras, 2000).

➤ Lecture

- Couleur bleue sur le milieu King A : présence de pyocyanine.
- Couleur jaune-vert fluorescent sur le milieu King B sous UV : présence de pyoverdine (Dellarras, 2000).

5. Recherche des levures et moisissures

La gélose Sabouraud est un milieu d'utilisation générale, permettant la croissance et l'isolement d'une grande variété de levures et moisissures. L'addition de chloramphénicol inhibe la croissance des bactéries.

➤ Mode opératoire

- Ensemencé la solution mère sur la gélose Sabouraud chloramphénicol et incubé à 30°C pendant 5 jours.
- Après incubation, sur une lame propre, mélanger une colonie avec une goutte de bleu de méthylène.
- Recouvrir la suspension avec une lamelle.
- Effectuer une observation sous microscope optique aux grossissements : X10 puis X40.

➤ Identification

L'identification permet d'identifier et de caractériser les différentes espèces s'appuyant sur des observations macroscopiques et microscopiques.

- Identification macroscopique : repose sur les caractéristiques des colonies.
- Identification microscopique : l'examen microscopique d'une colonie fongique s'effectue en préparant un frottis à l'aide d'une lame, scotch et de colorant bleu de méthylène.
- Une observation au microscope, généralement à l'objectif X40, suffit pour visualiser les principaux éléments.
- Cette analyse permet d'identifier le thalle, de vérifier la présence ou non de cloisons (septums), de déterminer le mode de reproduction, ainsi que de décrire les structures de fructification et les spores.

6. Tests d'identification

6.1 Coloration de Gram

Une coloration simple a été réalisée pour observer la morphologie des bactéries (bacilles, coques, etc.), ainsi qu'une coloration de Gram, qui permet de les classer selon la composition chimique de leur paroi cellulaire, en distinguant les bactéries à Gram positif de celles à Gram négatif.

➤ Technique

- Préparer un frottis de culture bactérienne pure sur une lame propre.
- Fixer le frottis à la chaleur douce (sans brûler).
- Laisser la lame refroidir.
- Recouvrir le frottis de violet de gentiane (cristal violet) pendant 1 minute.
- Rincer la lame à l'eau distillée.
- Ajouter le Lugol (mordant) et laisser agir entre 30 secondes et 1 minute.
- Rincer à nouveau à l'eau distillée.
- Décolorer en versant de l'alcool (éthanol ou alcool-acétone) jusqu'à disparition de la couleur violette.
- Rincer immédiatement à l'eau distillée pour arrêter la décoloration.
- Contre-colorer avec de la fuchsine pendant 1 minute.
- Rincer une dernière fois à l'eau distillée.
- Sécher doucement la lame avec du papier absorbant.
- Observer au microscope optique à immersion avec l'objectif $\times 1000$.

➤ Interpréter les résultats

- Les bactéries Gram positif apparaissent en violet foncé.

- Les bactéries Gram négatif apparaissent en rose ([Hammadi et al., 2024](#)).

6.2. Test oxydase

➤ Technique

- Déposer un disque oxydase dans un tube à hémolyse propre.
- Imbiber le disque avec une goutte d'eau distillée stérile.
- Prélever une petite quantité de la colonie bactérienne à tester à l'aide d'une anse ou d'un bâtonnet stérile.
- Étaler délicatement l'échantillon bactérien sur la surface du disque imbibé.
- Attendre environ 10 secondes.
- Observer l'apparition d'une coloration violet foncé.

➤ Interprétation des résultats

- Test oxydase positif si coloration violet/noir.
- Test oxydase négatif si aucune coloration ([Delarras, 2007](#)).

7. Antibiogramme

L'antibiogramme permet de déterminer la sensibilité d'un microorganisme aux antibiotiques en mettant en présence une concentration standard du germe et des concentrations spécifiques d'antibiotiques.

➤ Technique

- Préparer une suspension bactérienne à partir de la culture pure du microorganisme à tester.
- Ajuster la turbidité de la suspension (généralement à l'échelle 0,5 de McFarlane).
- Ensemencer uniformément une gélose Mueller-Hinton à l'aide d'un écouvillon stérile imbibé de la suspension.
- Laisser sécher quelques minutes à température ambiante (pour que la surface ne soit plus humide).
- Déposer délicatement, à l'aide d'une pince stérile, les disques imprégnés d'antibiotiques sur la surface de la gélose ensemencée.
- Veiller à bien espacer les disques pour éviter que les zones d'inhibition ne se chevauchent.
- Incuber la boîte à 35-37°C pendant 16 à 18 heures.
- Après incubation, observer la présence de zones d'inhibition autour des disques.

- Mesurer le diamètre de chaque zone d'inhibition en millimètres à l'aide d'une règle ou d'un pied à coulisse.

➤ **Interpréter les résultats**

Selon les normes en vigueur le Comité européen sur les tests de sensibilité aux antimicrobiens (EUCAST) ou l'Institut des normes cliniques et de laboratoire (CLSI) :

- **S (Sensible)** : l'antibiotique est efficace.
- **I (Intermédiaire)** : efficacité réduite, usage limité.
- **R (Résistant)** : l'antibiotique est inefficace contre la souche testée.

Chapitre III

Résultats et Discussion

1. Résultats de dénombrement

1.1. Résultats de dénombrement des germes totaux

Le tableau et la figure ci-dessous représente les résultats de dénombrement des germes totaux en unité formant colonie dans les différents sites de prélèvement (**Tableau 3**).

Tableau 3 : Résultats de dénombrement des colonies des germes totaux.

	Robinets		Sources		Oueds	
Echantillon	Cité Bara Lakhdar	R.U Yahia Salah	Sidi Abid	Ain Larbaa	Zenati	Seybouse
Nbr des G.T UFC/ml 22°C	00	00	10	25	IND	IND
Nbr des G.T UFC/ml 37°C	00	00	04	07	IND	IND

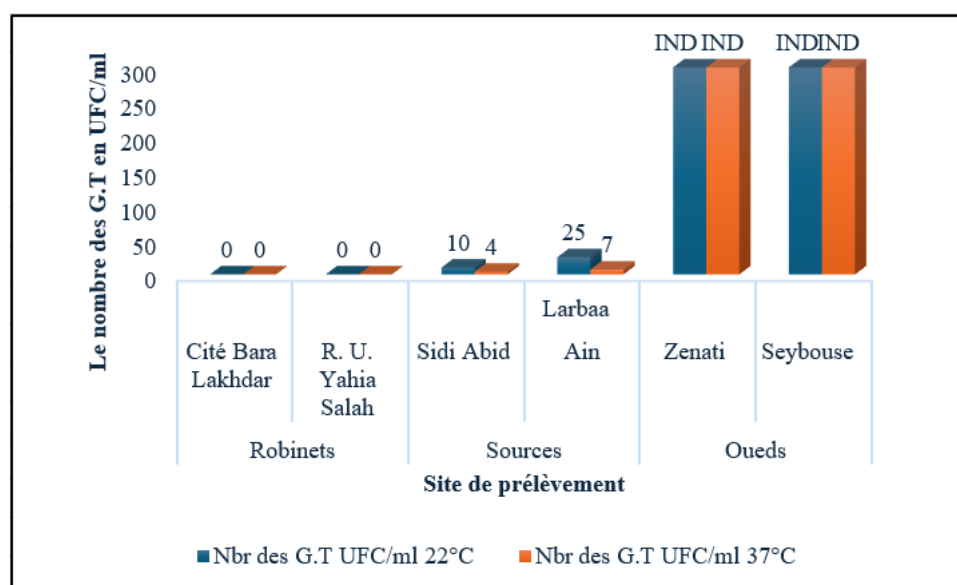


Figure 21 : Variation du nombre des germes totaux.

La figure 21 met en lumière une variation des concentrations en germes totaux selon les sites et les températures. Pour l'eau de robinet de la cité Bara Lakhdar et la résidence universitaire Yahia Salah), les valeurs sont nulles à 22°C et 37°C (00 UFC/ml), traduisant une absence totale de contamination. Les sources de Sidi Abid et Ain Larbaa présentent des concentrations modérées, avec 10 UFC/ml et 25 UFC/ml à 22°C, et des valeurs plus faibles à 37°C (04 UFC/ml et 07 UFC/ml). En revanche, les eaux d'Oueds (Oued Zenati et Oued Seybouse) affichent des niveaux indénombrables (IND), dépassant 320 colonies à chaque

température pour la dilution 10^{-5} indiquant une charge microbienne critique et une pollution significative de ces milieux aquatiques.

- Eau potable < 500 UFC/ml
- Eau d'irrigation < 500 UFC/ml Variable selon usage

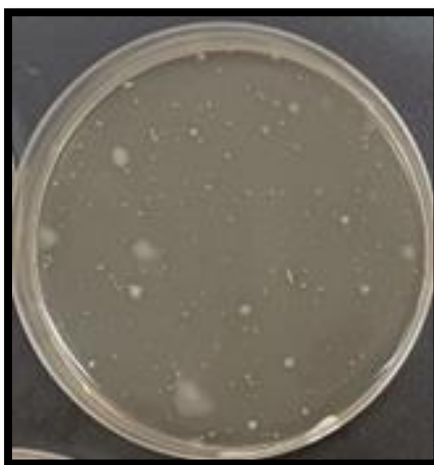


Figure 22 : Dénombrement des germes totaux.

1.2. Résultats de dénombrement des coliformes totaux

Le tableau et la figure ci-dessous présente les résultats de dénombrement des coliformes totaux dans les différents sites de prélèvement (**Tableau 4**).

Tableau 4 : Résultats de dénombrement des coliformes totaux.

	Robinet		Sources		Oueds	
Echantillon	Cité Bara Lakhdar	R.U Yahia Salah	Sidi Abid (Filtration)	Ain Lerebaa (Filtration)	Zenati (NPP)	Seybouse (NPP)
Le nombre des C.T/ml	00	00	03	29	140×10^5	2×10^5

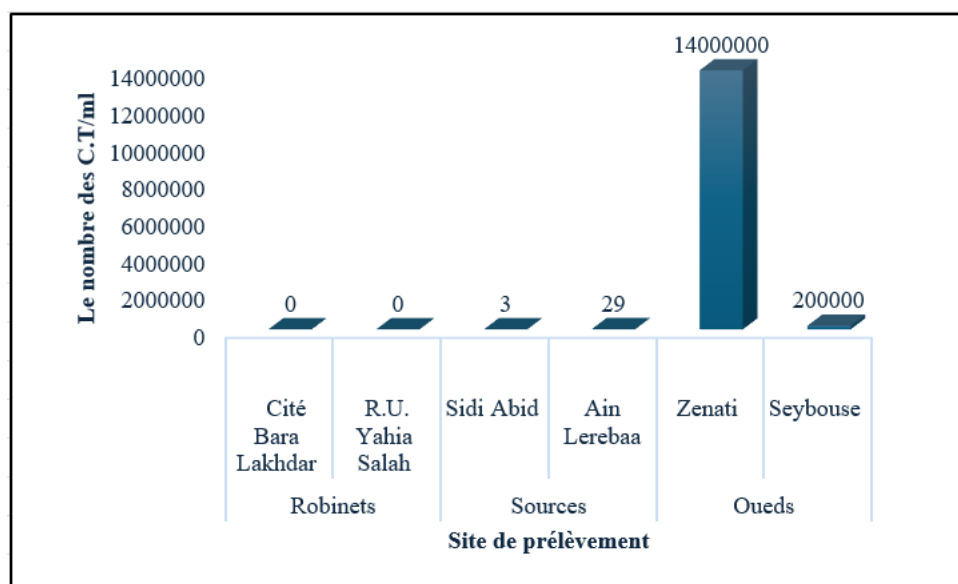
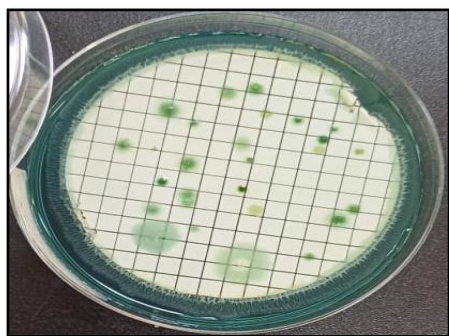


Figure 23 : Variation du nombre des coliformes totaux.

Les résultats montrent une répartition variée selon le site de prélèvement. Les échantillons prélevés à partir de l'eau de robinet de la cité Bara Lakhdar et la résidence universitaire Yahia Salah affichent une absence totale de contamination avec des valeurs égales à 00 UFC/ml. Tandis que les eaux de source de Sidi Abid et d'Ain Larbaa présentent une contamination légère avec 03 et 29 colonies successivement. En revanche, les cours d'eau d'Oued Zenati et d'Oued Seybouse révèlent une forte contamination, atteignant respectivement 140×10^5 CT/ml et 2×10^5 CT/ml.

Ces résultats mettent en lumière des variations notables en fonction des sites et soulignent un risque sanitaire potentiel, notamment pour les cours d'eau.

- Eau potable 0 UFC/100 ml
- Eau d'irrigation < 1000 UFC/100 ml



A : Dénombrement des coliformes totaux par filtration sur la gélose Tergitole.



B : Dénombrement des coliformes totaux par BCPL (NPP).

Figure 24 : Dénombrement des coliformes totaux.

1.3. Résultats de dénombrement des coliformes fécaux

Le tableau 5 et la figure 25 ci-dessous présente les résultats du dénombrement des coliformes fécaux dans les différents sites de prélèvement (**Tableau 5, Figure 25**).

Tableau 5 : Résultats de dénombrement des coliformes fécaux.

	Robinet		Sources		Oueds	
Echantillon	Cité Bara Lakhdar	R.U Yahia Salah	Sidi Abid	Ain Larbaa	Zenati	Seybouse
Nombre de C.F /ml	00	00	03	03	$0,6.10^4$	$2,5.10^3$

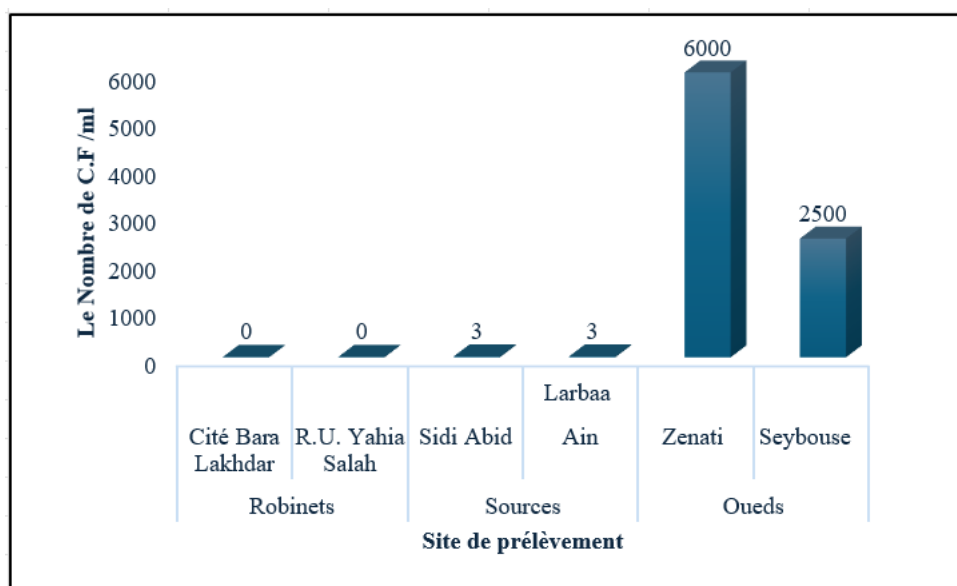
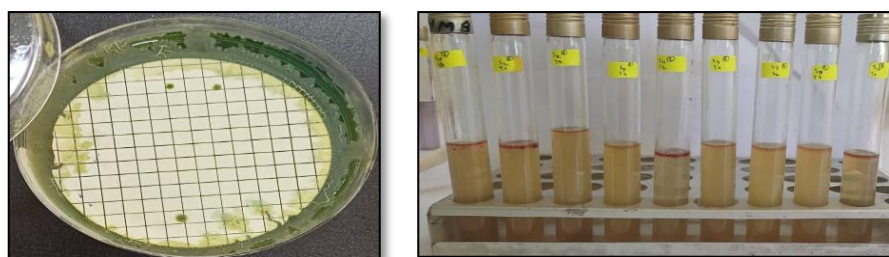


Figure 25 : Variation du nombre des coliformes fécaux.

Pour l'eau de robinets les résultats montrent une absence totale de contamination avec 00 CF/ml. Tandis que les eaux sources Sidi Abid et Ain Larbaa affichent une contamination faible avec 03 colonies détectées. Les cours d'eau d'Oued Zenati et d'Oued Seybouse révèlent des niveaux élevés de contamination, atteignant respectivement 6×10^3 CF/ml et $2,5 \times 10^3$ CF/ml.

- Eau potable 0 UFC/100 ml
- Eau d'irrigation < 100 UFC/100 ml



A : Filtration sur gélose Tergitolé

B : Milieu Schubert (NPP)

Figure 26 : Dénombrement des coliformes fécaux.

1.4. Résultats de dénombrement des streptocoques fécaux

Le tableau et la figure ci-dessous présente les résultats de dénombrement des streptocoques fécaux dans les différents sites de prélèvement (**Tableau 6**).

Tableau 6 : Résultats du dénombrement des streptocoques fécaux.

	Robinets		Sources		Oueds	
Echantillon	Cité Bara Lakhdar	R. U. Yahia Salah	Sidi Abid	Ain Larbaa	Zenati	Seybouse
Le nombre des S.F/ml	00	00	00	00	$0,4. 10^5$	$0,9.10^5$

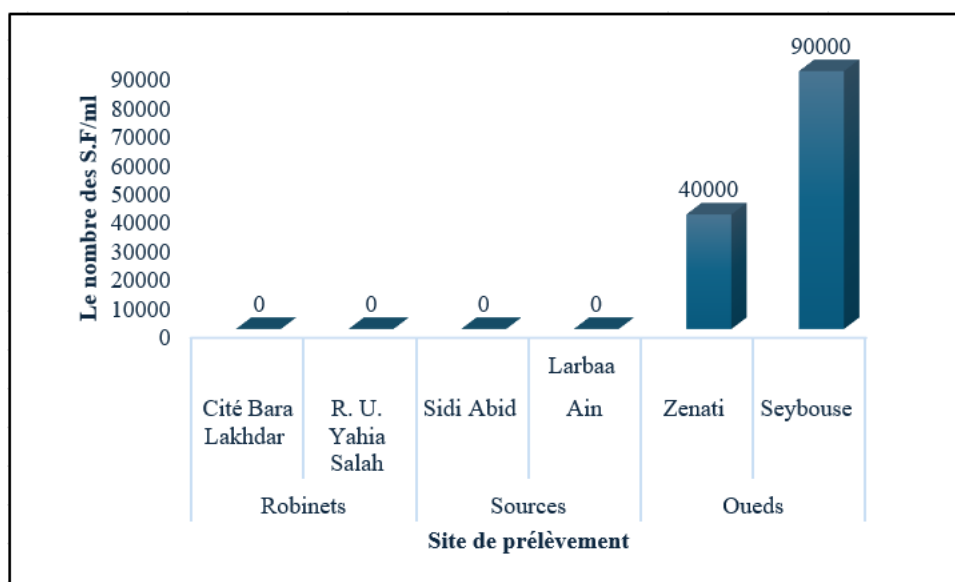
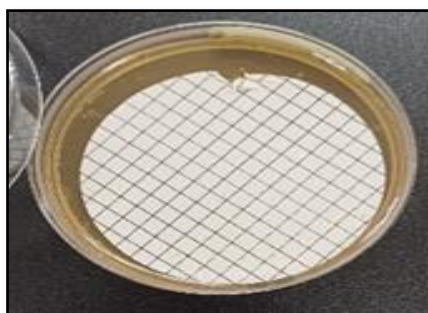


Figure 27 : Variation du nombre des Streptocoques fécaux.

Le tableau 6 et la figure 27 montre une variation dans nombres de Streptocoques fécaux selon les sites de prélèvement. Pour l'eau de robinet cité Bara Lakhdar et la résidence universitaire Yahia Salah et les sources Sidi Abid et Ain Larbaa ne présentent aucune contamination détectable, affichant des valeurs nulles (00 SF/ml).

Cependant, les cours d'eau Oued Zenati et Oued Seybouse révèlent des niveaux de contamination significatifs, avec $0,4 \times 10^5$ SF/ml et $0,9 \times 10^5$ SF/ml, respectivement. Ces résultats, signalent une pollution bactérienne importante dans les milieux aquatiques étudiés.

- Eau potable : 0 UFC/100 ml
- Eau d'irrigation : < 100 UFC/100 ml



A : Filtration sur milieu Slantez.



B : Milieu Rothe (NPP).



C : Milieu Eva letsky (Test de confirmation).

Figure 28 : Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux.

1.5. Résultats de dénombrement des anaérobies sulfito-réducteurs (ASR)

Le tableau et la figure ci-dessous présente les résultats de dénombrement ASR dans les différents sites de prélèvement (**Tableau 7**).

Tableau 7 : Résultats de dénombrement des anaérobies sulfito-réducteurs.

	Robinets		Sources		Oueds	
Echantillon	Cité Bara Lakhdar	R.U. Yahia Salah	Sidi Abid	Ain Lerbaa	Zenati	Seybouse
Le nombre des ASR /ml	00	00	01	00	IND	IND

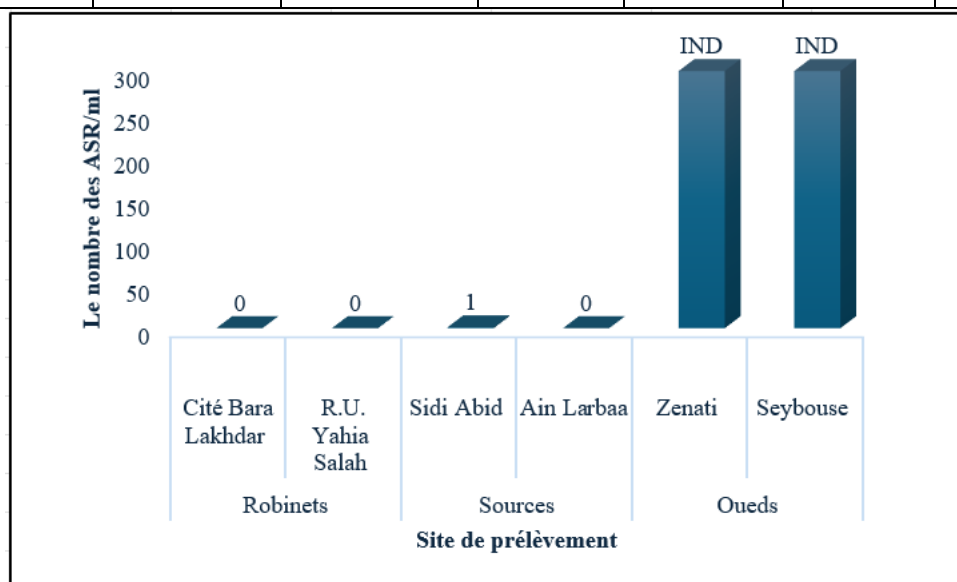
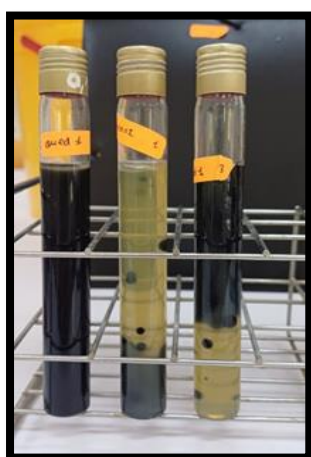


Figure 29 : Variation du nombre des anaérobies sulfito-réducteurs (ASR).

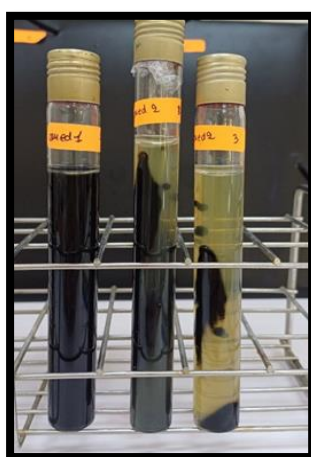
Selon le tableau 7, il existe une répartition distincte des concentrations en anaérobies sulfito-réducteurs (ASR). Pour l'eau des robinets de cité Bara Lakhdar et la résidence universitaire Yahia Salah affichent des valeurs nulles, indiquant l'absence totale de contamination. Les sources Sidi Abid et Ain Larbaa révèlent une présence très faible avec 01 UFC/ml et 00 UFC/ml, respectivement. Cependant, Oued Zenati et Oued Seybouse présentent des niveaux de contamination indénombrables (IND), reflétant une charge bactérienne élevée traduisant une pollution marquée dans ces milieux aquatiques.

Eau potable : 0 UFC/100 ml

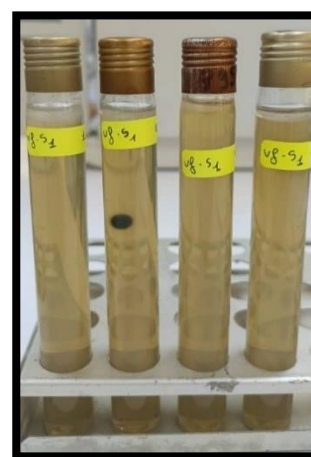
Eau d'irrigation : Non spécifié



A : Oued Zenati



B : Oued Seybouse



C : Source de Sidi Abid

Figure 30 : Recherche et dénombrement des anaérobies sulfito-réducteurs (ASR).

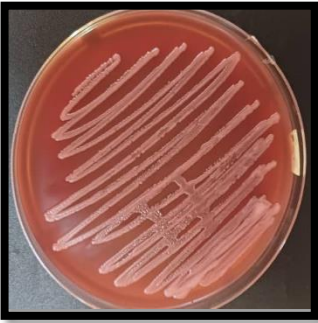
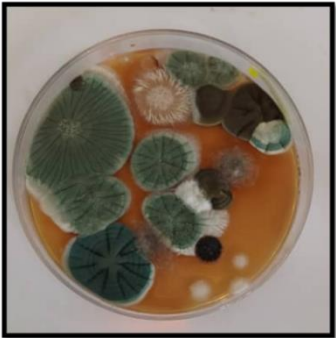
2. Résultats de la recherche et d'identification des germes pathogènes

2.1. Résultats de l'isolement sur milieux sélectifs

Le tableau et la figure ci-dessous présente les résultats de l'isolement (**Tableau 8**).

Tableau 8 : Résultats de l'isolement sur milieux sélectifs.

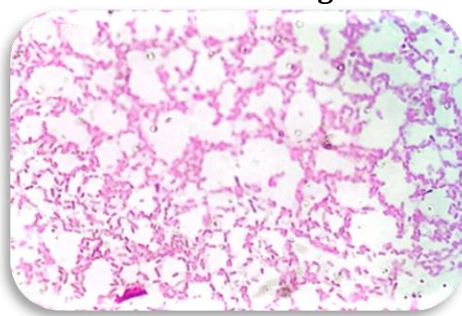
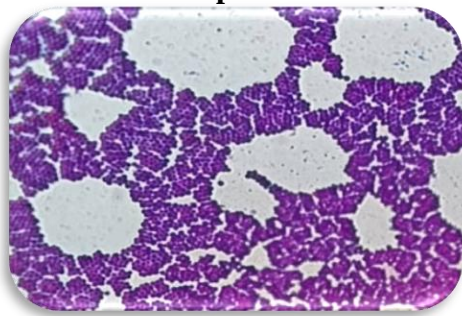
Culture	Observation microscopique des colonies	Observation macroscopique des colonies
- Gélose Chapman 	- Cocci groupés en amas, Gram positif	- Petite taille, circulaire et régulière, à relief bombé, avec un bord net et bien délimité, et une surface lisse et brillante. - Jaunâtre avec virage de la couleur du milieu
- Gélose Hecktoen 	- Bacilles Gram négatif courts, immobiles. - Bacilles Gram négatif, mobiles. - Bacilles Gram négatif, fins, mobiles.	- Colonies moyennes à grandes, circulaires, à relief bombé, avec un bord net, une surface lisse et muqueuse rosée. - Des colonies moyennes à grandes, lisses, muqueuses, à bords réguliers et de couleur crème à rose. - Des colonies moyennes, irrégulières, à bords dentelés, avec une surface lisse et parfois brillante, de couleur blanchâtre à légèrement verdâtre.

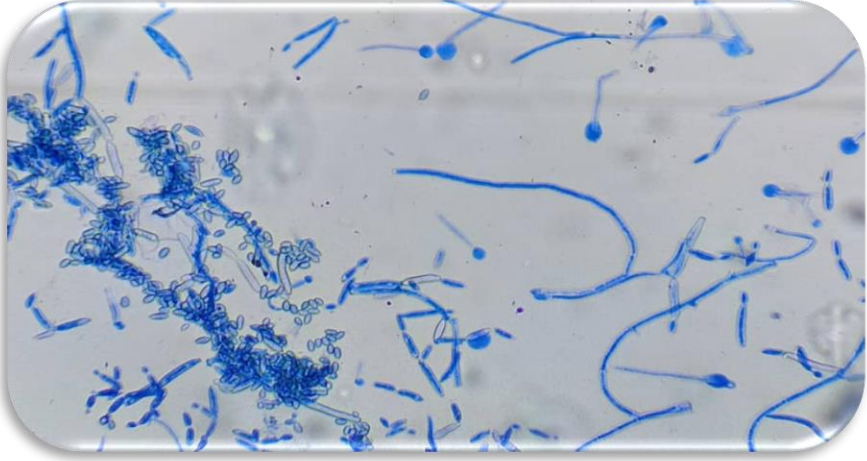
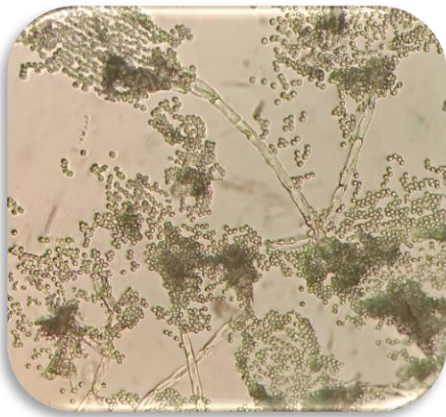
- Gélose Cétrimide 	- Bacilles Gram négatif, mobiles disposés isolément.	- Moyennes, lisses, opaques, à bords réguliers, de couleur grisâtre à crème, légèrement bombées.
- Gélose mac konkey 	- Bacilles Gram négatif, droits, mobiles, disposés isolément.	- Colonies moyennes, circulaires, à bord net, lisses, humides, de couleur rose. - Colonies grandes, muqueuses, luisantes, à bord régulier, de couleur rose pâle à rose.
- Gélose Sabouraud 	- Filaments mycéliens septés, avec des conidiophores ramifiés en pinceau, portant des phialides, conidies sphériques à ovales, disposées en colonnes. (Voir identification des champignons).	- Colonies circulaires de tailles variées, avec des textures veloutées à poudreuses, des reliefs bombés, et des couleurs diverses allant du vert bleuâtre au vert foncé, avec des zones blanches, noires et grises.

2.2. Résultat de la coloration de Gram et des tests biochimiques

Le tableau suivant présente un exemple de quelques résultats de coloration de Gram et les tests biochimiques (oxydase, catalase) (**Tableau 9**).

Tableau 9 : Résultat de coloration de gram et les tests biochimique.

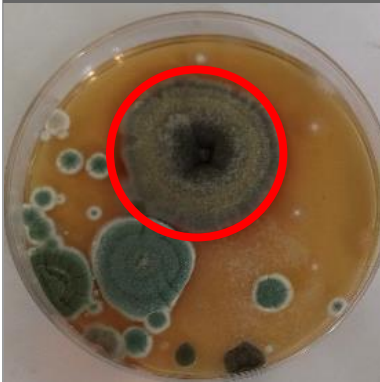
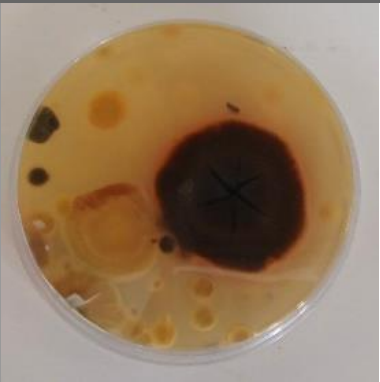
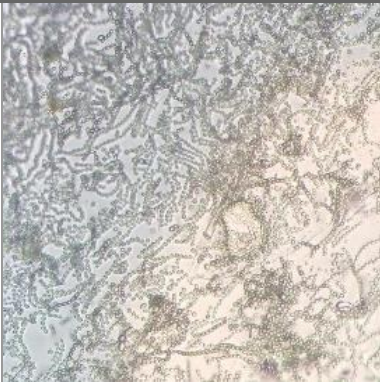
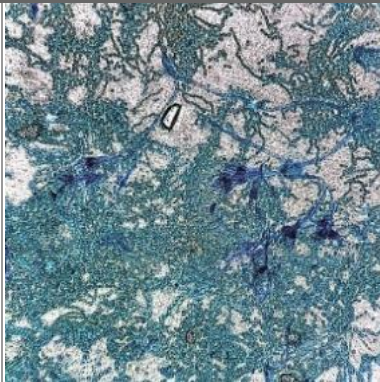
Test catalase	Négatif 	Positif 
Test oxydase	Négatif 	Positif 
Coloration de Gram	Bacille Gram négatif 	Cocci Gram positif en amas 
Test du chlore	Négatif 	Positif 

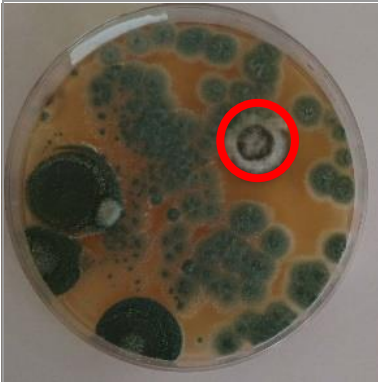
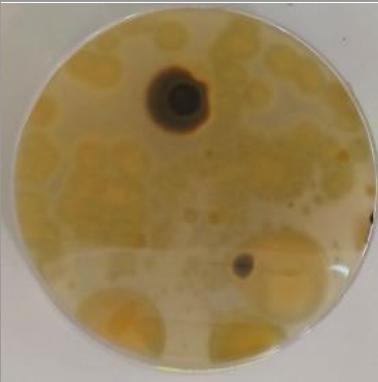
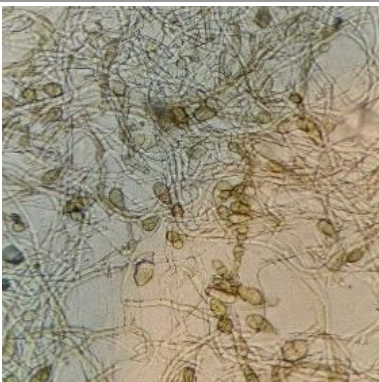
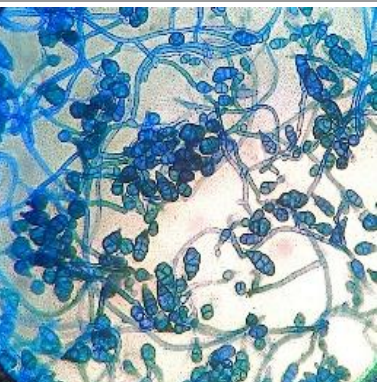
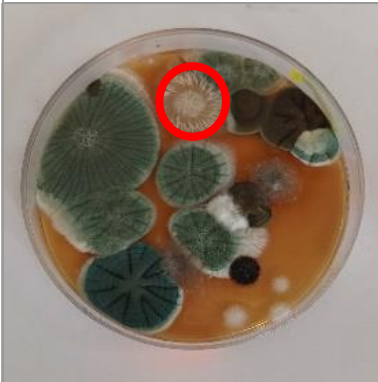
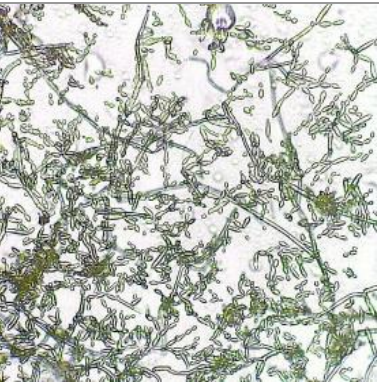
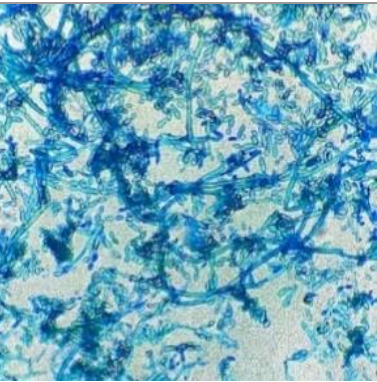
Coloration de bleu de méthylène		
L'état frais	Bactérie 	Champignon 

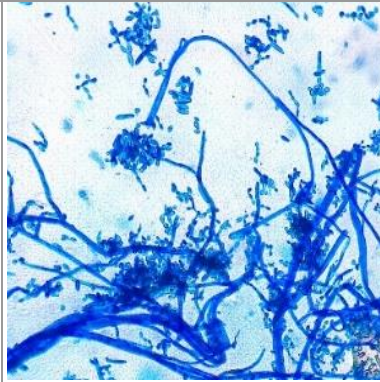
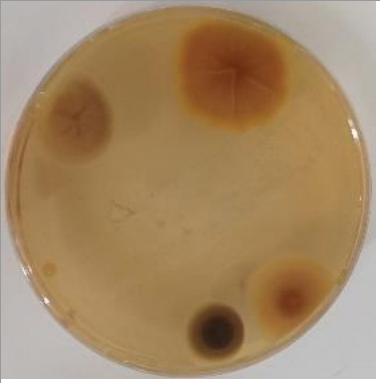
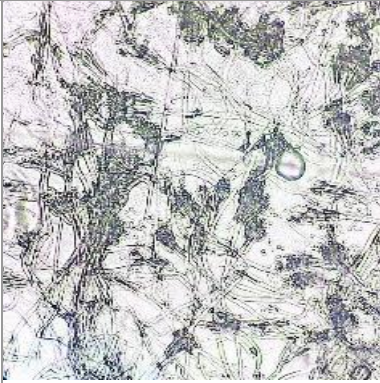
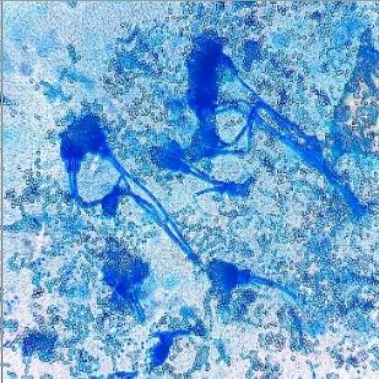
3. Résultats de l'identification des champignons

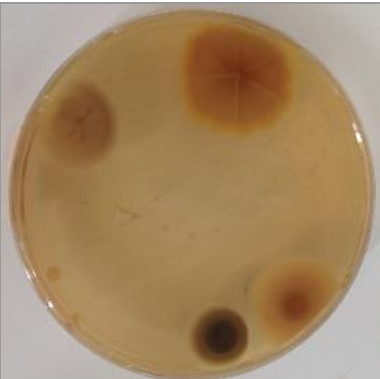
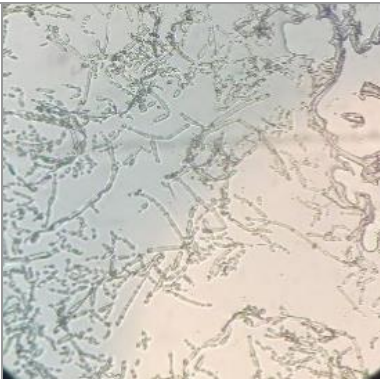
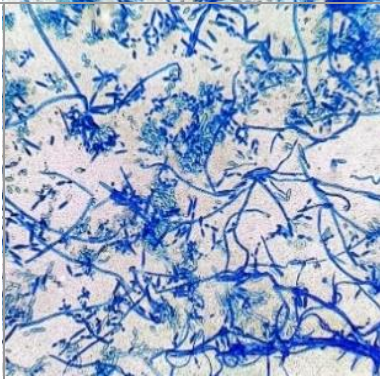
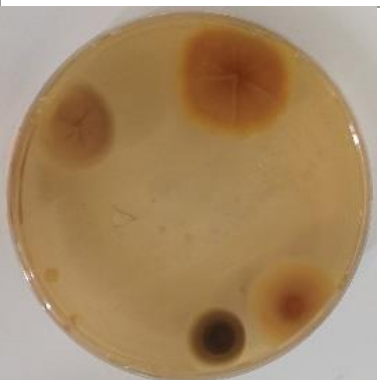
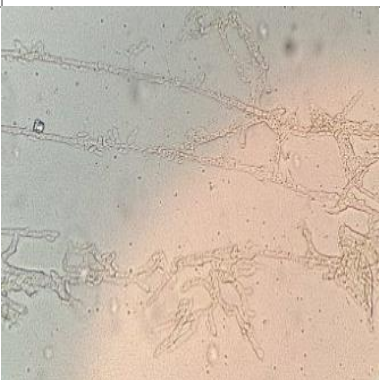
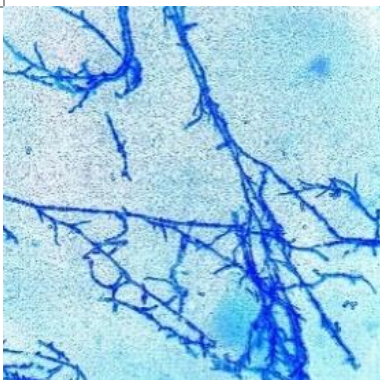
L'observation microscopique et macroscopique des champignons, réalisée à l'état frais et après coloration au bleu de méthylène, a permis de confirmer leur présence dans l'eau (**Tableau 10**).

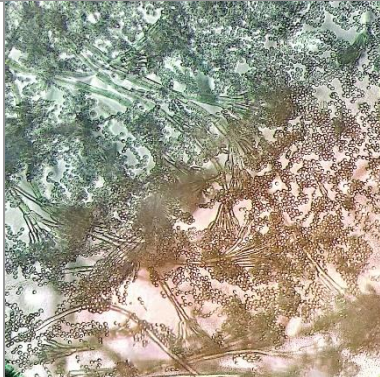
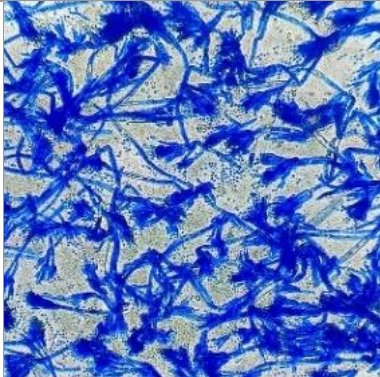
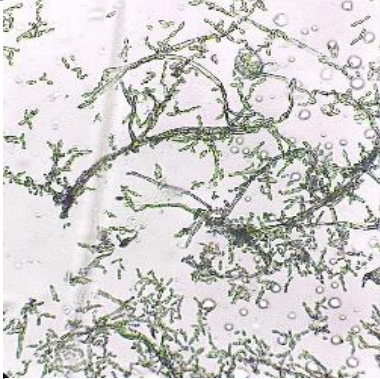
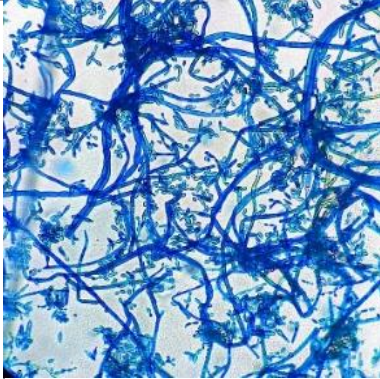
Tableau 10 : Observation macroscopique et microscopique des champignons.

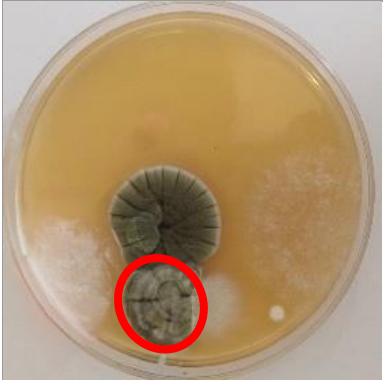
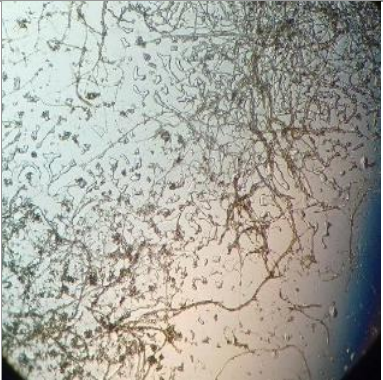
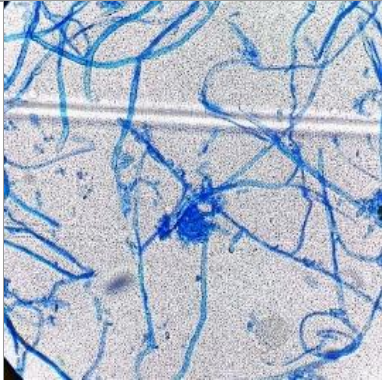
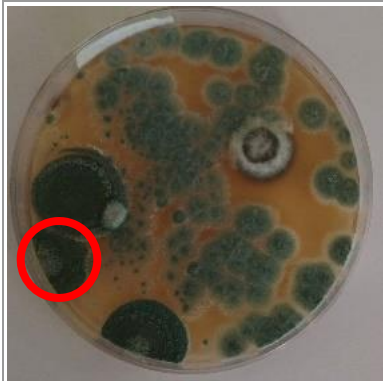
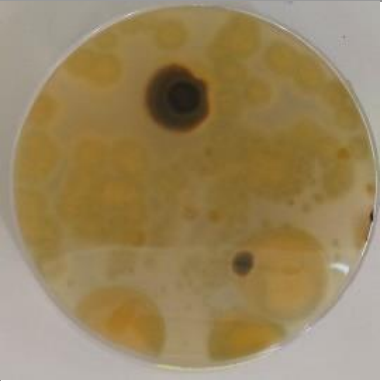
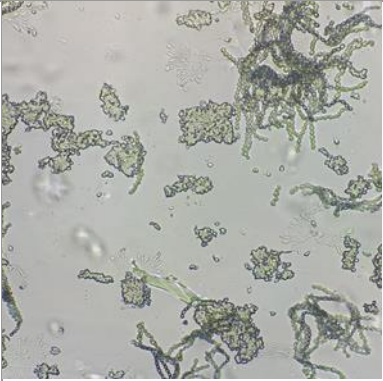
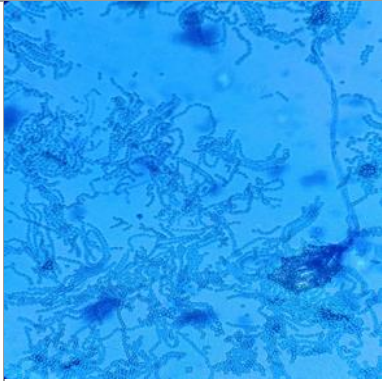
recto	Verso	Observation microscopique de l'état frais	Observation microscopique après coloration	Nom de l'espèce
				<i>Aspergillus niger</i> Source Ain larbaa

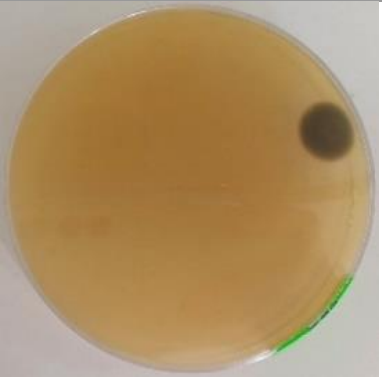
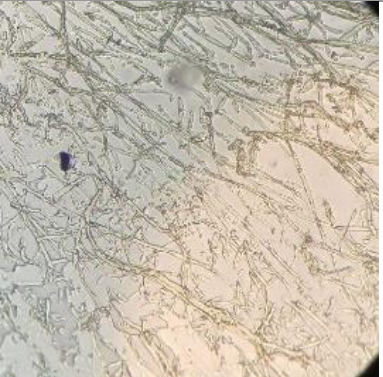
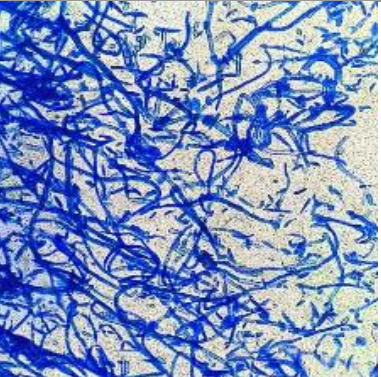
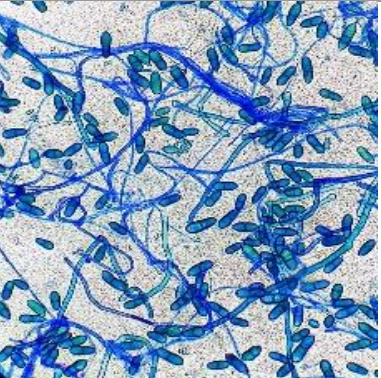
				Genre : <i>Penicillium</i> Source Ain Iarbaa
				<i>Penicillium chrysogenum</i> Oued Zenati

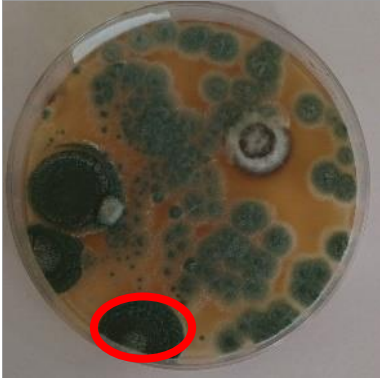
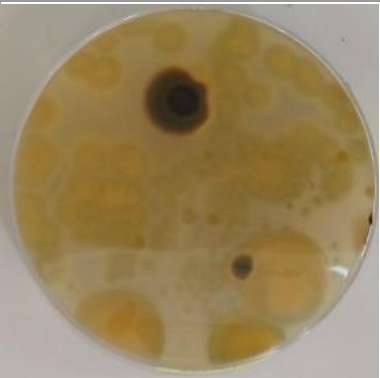
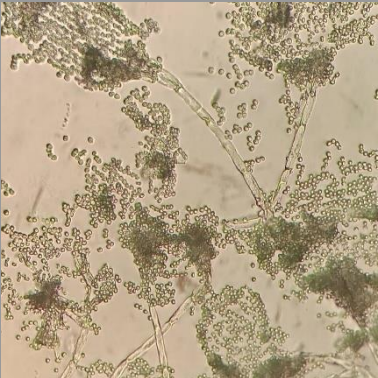
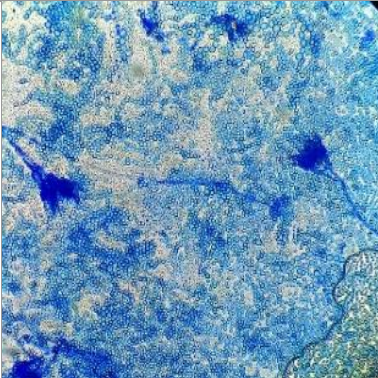
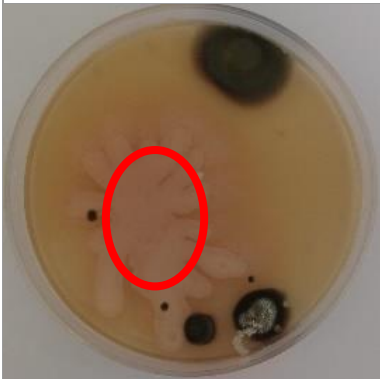
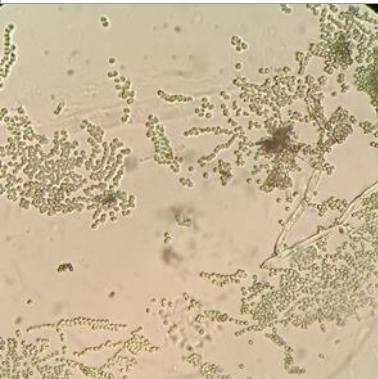
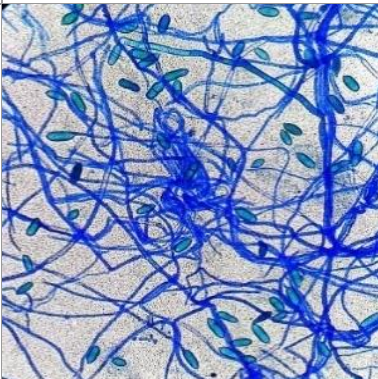
				<i>Penicillium</i> <i>spp.</i> Source Ain Larbaa
				<i>Aspergillus</i> <i>fumigatus</i> Oued Zenati

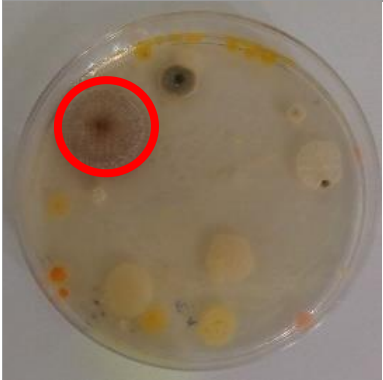
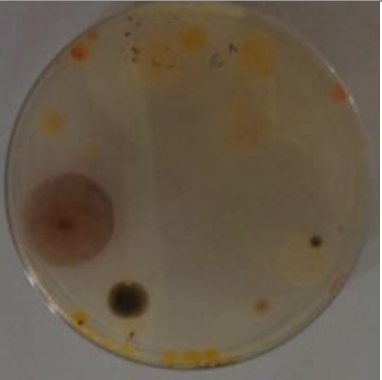
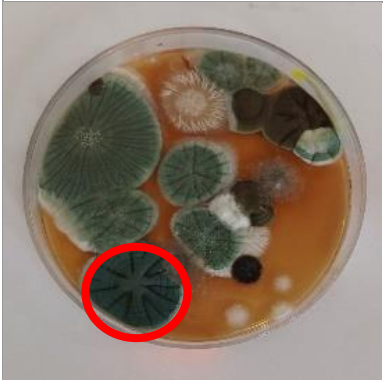
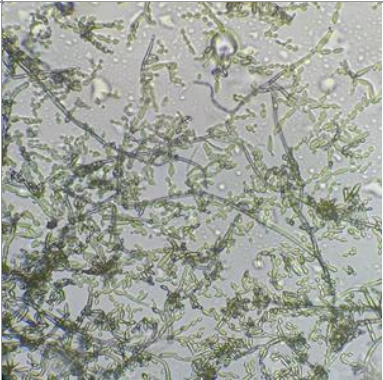
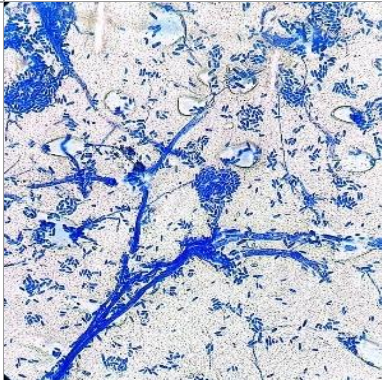
				<i>Penicillium chrysogenum</i> Oued Zenati
				<i>Penicillium chrysogenum</i> Oued Zenati

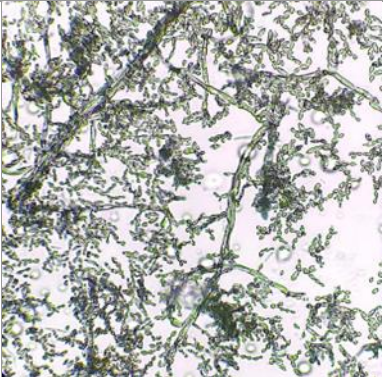
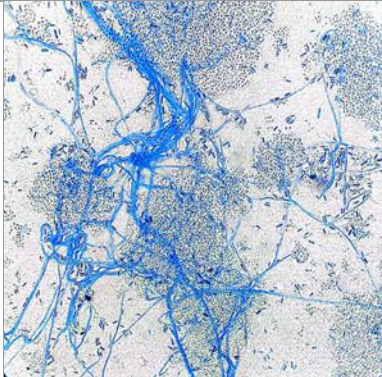
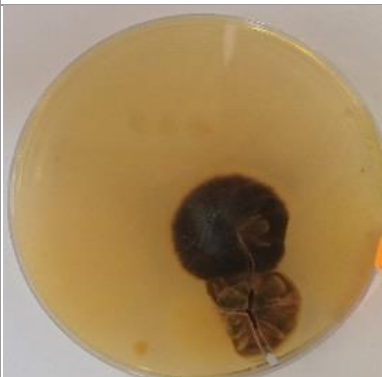
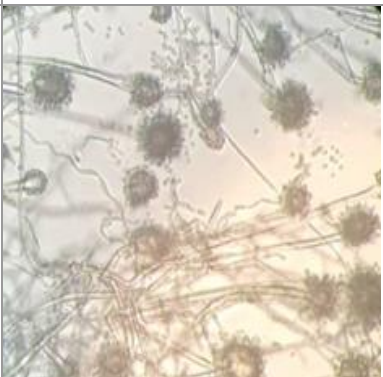
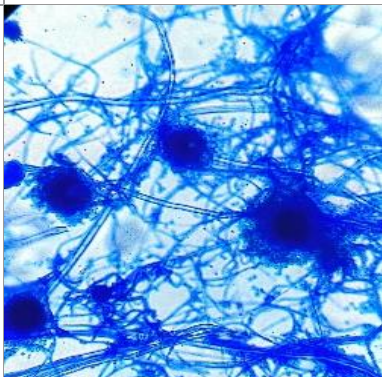
				<i>Penicillium chrysogenum</i> Oued Zenati
				<i>Penicillium chrysogenum</i> Source Ain Larbaa

				<i>Penicillium chrysogenum</i> Source Larbaa
				<i>Aspergillus niger</i> Source Ain Larbaa

				<i>Penicillium spp</i> Oued Seybouse
				<i>Fusarium spp</i> Source Sidi Abid

				<i>Aspergillus spp</i> Oued Seybouse
				<i>Penicillium</i> Oued Seybouse

				<i>Aspergillus spp</i> Source Ain Larbaa
				<i>Aspergillus spp</i> Oued zenati

				<i>Penicillium</i> <i>spp</i> Oued Seybouse
				<i>Aspergillus</i> <i>niger</i> Source Sidi Abid

4. Résultats de l'antibiogramme

4.1. Antibiotogramme d'*Escherichia coli*1

Le tableau ci-dessous présente les résultats de l'antibiogramme réalisés sur la souche d'*Escherichia coli*1 (Tableau 11).

Tableau 11 : résultats de l'antibiogramme pour *Escherichia coli*1.

Antibiotique	P	VA	GEN	AML	FOX
La zone d'inhibition (mm)	00	9	24	00	27
Interprétation	R	R	S	R	S

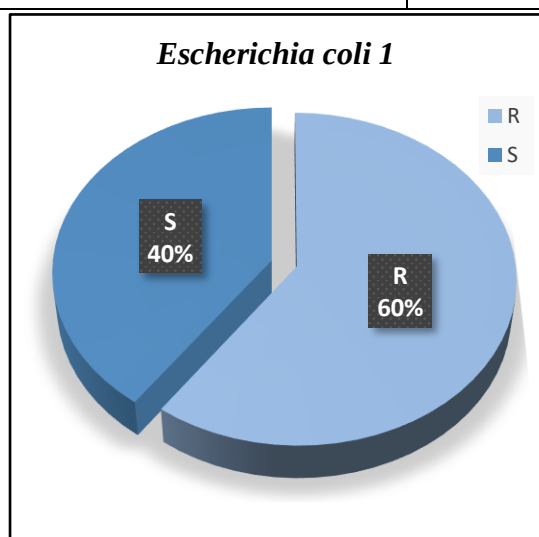


Figure 31 : Taux de résistance d'*Escherichia coli*1.



Figure 32 : Profile de résistance aux antibiotiques d'*E. coli* 1.

La souche *Escherichia coli* 1 étudiée montre une résistance à 60 % des antibiotiques testés, notamment à la Pénicilline, la Vancomycine et l'Amoxicilline. Elle reste sensible de 40% à la Gentamicine et au Cefoxitine.

4.2. Antibiotogramme d'*Enterobacter cloacae*

Le tableau ci-dessous présente les résultats de l'antibiogramme réalisés sur la souche de d'*Enterobacter cloacae* présent dans l'eau potable de la résidence universitaire Yahia Salah (Tableau 12).

Tableau 12 : Résultats de l'antibiogramme pour *Enterobacter cloacae*.

Antibiotique	P	VA	GEN	AML	FOX
Diamètre (mm)	00	13	25	10	26
Catégorie clinique	R	R	S	R	S

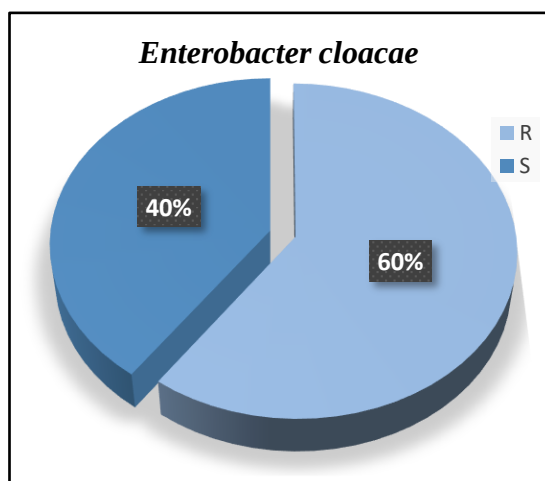


Figure 33 : Taux de résistance d'*Enterobacter cloacae*.

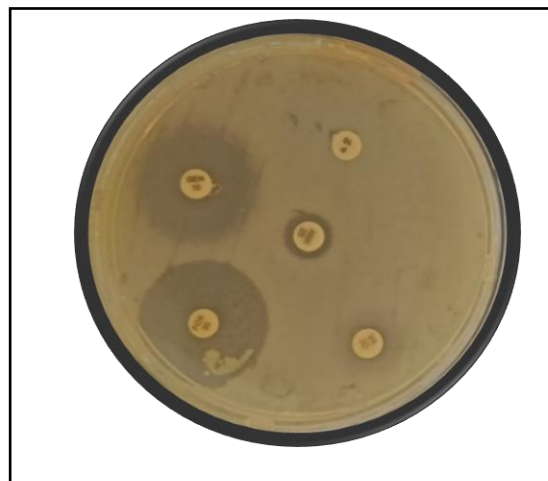


Figure 34 : Profile de résistance aux antibiotiques de d'*Enterobacter cloacae*.

La souche *Enterobacter cloacae* étudiée montre une résistance à 60 % des antibiotiques testés, notamment à la Pénicilline, la Vancomycine et l'Amoxicilline. Elle reste sensible de 40% à la Gentamicine et au Cefoxitine.

4.3. Antibiogramme d'*Enterobacter cloacae*

Le tableau ci-dessous présente les résultats de l'antibiogramme réalisés sur la souche de d'*Enterobacter cloacae* présent dans oued Seybouse (Tableau 13).

Tableau 13: Résultats de l'antibiogramme pour *Enterobacter cloacae*.

Antibiotique	P	VA	GEN	AML	FOX
Diamètre (mm)	0	0	20	0	24
Catégorie clinique	R	R	S	R	S

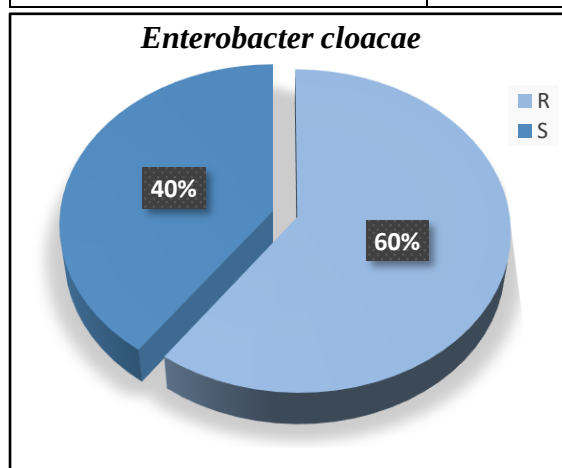


Figure 35 : Taux de résistance d'*E. cloacae*.

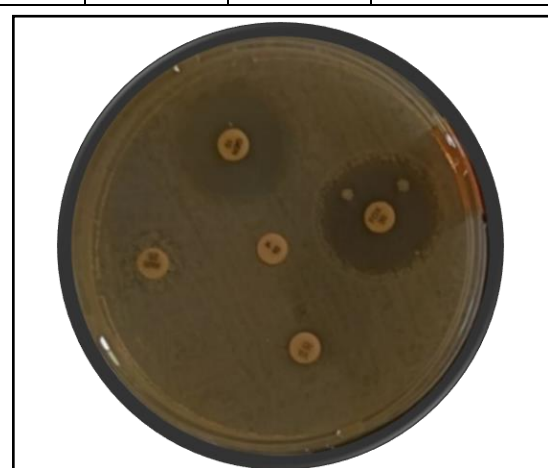


Figure 36 : Profile de résistance aux antibiotiques de d'*E. cloacae*.

La souche *Enterobacter cloacae* étudiée montre une résistance à 60 % des antibiotiques testés, notamment à la Pénicilline, la Vancomycine et l'Amoxicilline. Elle reste sensible de 40% à la Gentamicine et au Cefoxitine.

4.4. Antibiogramme d'*Aeromonas hydrophila* /caviae

Le tableau ci-dessous présente les résultats de l'antibiogramme réalisés sur la souche de *Aeromonas hydrophila* /caviae présent dans **oued zenati (Tableau 14)**.

Tableau 14 : Résultats de l'antibiogramme pour *Aeromonas hydrophila* /caviae.

Antibiotique	P	VA	GEN	AML	FOX
Diamètre (mm)	0	14	23	0	31
Catégorie clinique	R	R	S	R	S

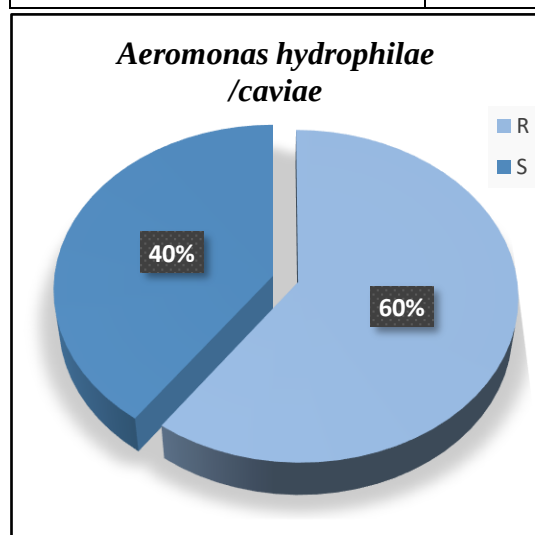


Figure 37 : Taux de résistance d'*A. hydrophila* /caviae.

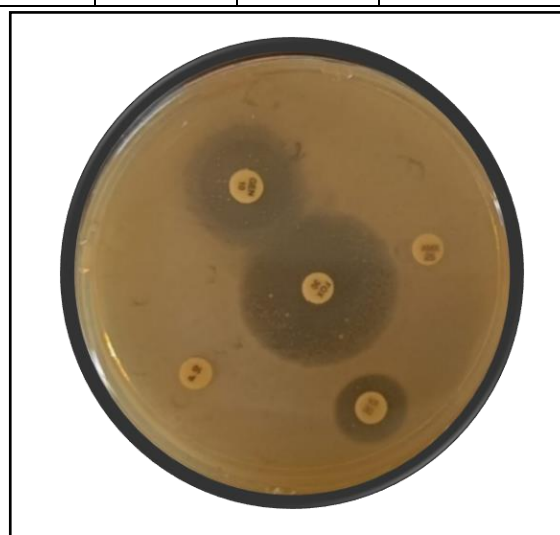


Figure 38 : Profile de résistance aux antibiotiques de d'*A. hydrophila* /caviae.

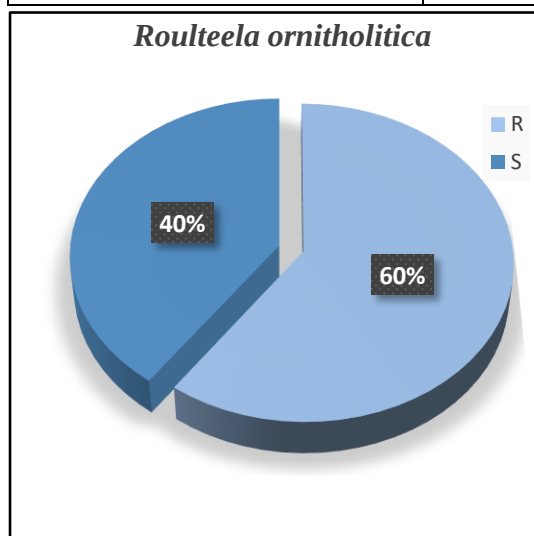
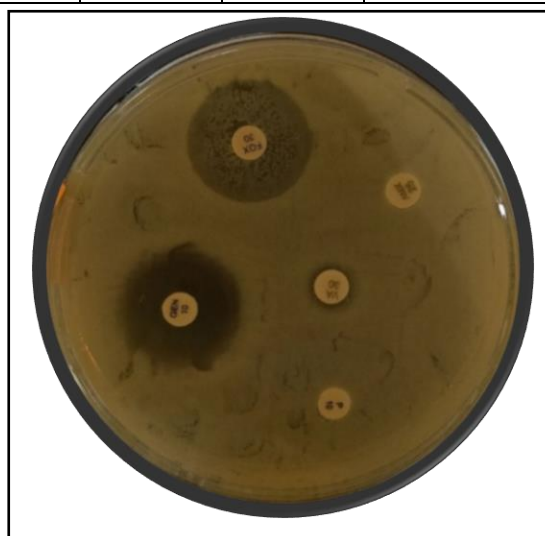
La souche *Aeromonas hydrophila* /caviae étudiée montre une résistance à 60 % des antibiotiques testés, notamment à la Pénicilline, la Vancomycine et l'Amoxicilline. Elle reste sensible de 40% à la Gentamicine et au Cefoxitine.

4.5. Antibiogramme de *Roulteela ornitholitica*

Le tableau ci-dessous présente les résultats de l'antibiogramme réalisés sur la souche d'*Roulteela ornitholitica* (Tableau 15).

Tableau 15 : Résultats de l'antibiogramme pour *Roulteela ornitholitica*

Antibiotique	P	VA	GEN	AML	FOX
Diamètre (mm)	0	08	20	0	22
Catégorie clinique	R	R	S	R	S

**Figure 39 :** Taux de résistance de *R. ornitholitica***Figure 40 :** Profile de résistance aux antibiotiques de *R. ornitholitica*

La souche *Roulteela ornitholitica* étudiée montre une résistance à 60 % des antibiotiques testés, notamment à la Pénicilline, la Vancomycine et l'Amoxicilline. Elle reste sensible de 40% à la Gentamicine et au Cefoxitine. L'étude des résultats de l'antibiogramme indique que cette souche montre une forte résistance à plusieurs antibiotiques, ce qui suggère que ces antibiotiques ne sont pas efficaces contre cette souche.

4.6. Antibiogramme d'*Aeromonas hydrophila* /caviae

Le tableau ci-dessous présente les résultats de l'antibiogramme réalisés sur la souche de *Aeromonas hydrophila* /caviae présent dans **oued Seybouse (Tableau 16)**.

Tableau 16 : Résultats de l'antibiogramme pour *Aeromonas hydrophila* /caviae.

Antibiotique	P	VA	GEN	AML	FOX
Diamètre (mm)	0	11	22	8	30
Catégorie clinique	R	R	S	R	S

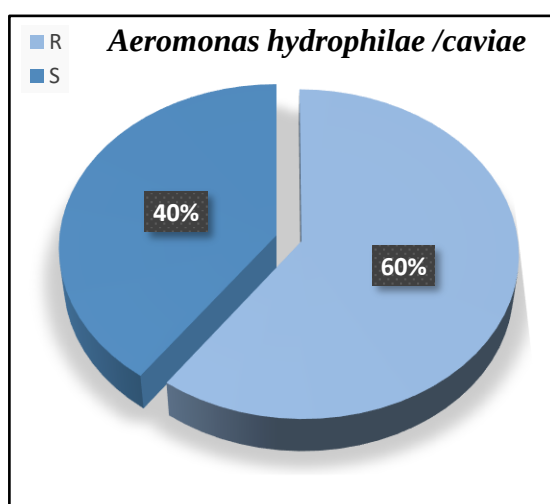


Figure 41 : Taux de résistance d'*A. hydrophila /caviae*.

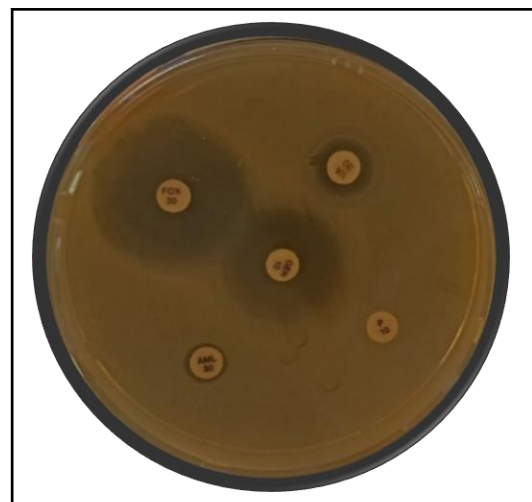


Figure 42 : Profile de résistance aux antibiotiques d'*A. hydrophila /caviae*.

La souche *Aeromonas hydrophila /caviae* étudiée montre une résistance à 60 % des antibiotiques testés, notamment à la Pénicilline, la Vancomycine et l'Amoxicilline. Elle reste sensible de 40% à la Gentamicine et au Cefoxitine.

4.7. Antibiogramme de *Staphylococcus xylosus*

Le tableau ci-dessous présente les résultats de l'antibiogramme réalisés sur la souche de *Staphylococcus xylosus* (**Tableau 17**).

Tableau 17 : Résultats de l'antibiogramme pour *Staphylococcus xylosus*.

Antibiotique	P	VA	GEN	AML	FOX
Diamètre (mm)	0	19	25	30	27
Catégorie clinique	R	S	S	S	S

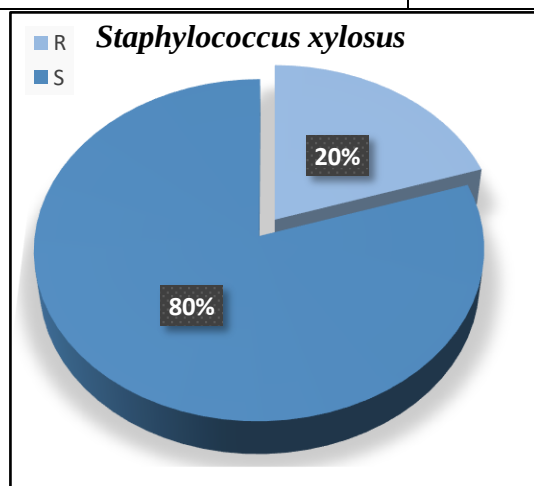


Figure 43 : Taux de résistance de *Staphylococcus xylosus*.



Figure 44 : Profile de résistance aux antibiotiques de *Staphylococcus xylosus*.

La souche *Staphylococcus xylosus* étudiée montre une résistance à 20 % des antibiotiques testés, notamment à la Pénicilline, la Vancomycine et l'Amoxicilline. Elle reste sensible de 80% à la Vancomycine, Amoxicilline, Gentamicine et au Cefoxitine

4.8. Antibiogramme d'*Entérobacter aérogènes*

Le tableau ci-dessous présente les résultats de l'antibiogramme réalisés sur la souche de *Entérobacter aérogènes* (Tableau 18).

Tableau 18 : Résultats de l'antibiogramme pour *Entérobacter aérogènes*.

Antibiotique	P	VA	GEN	AML	FOX
Diamètre (mm)	0	0	29	0	0
Catégorie clinique	R	R	S	R	R

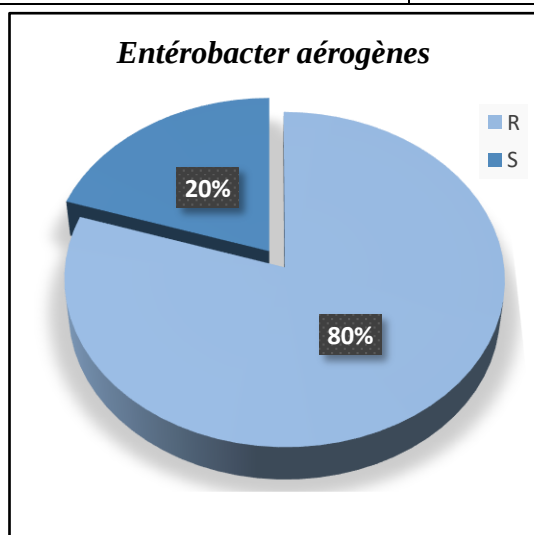


Figure 45 : Taux de résistance d'*Entérobacter aérogènes*.

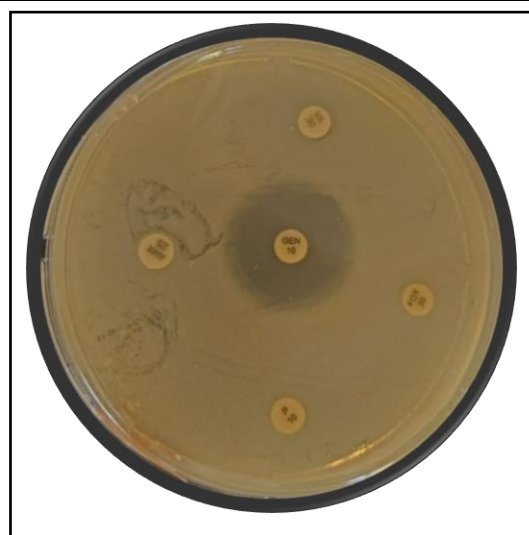


Figure 46 : Profile de résistance aux antibiotiques de d'*E. aérogènes*.

La souche *Entérobacter aérogènes* étudiée montre une résistance à 80 % des antibiotiques testés, notamment à la Pénicilline, la Vancomycine et l'Amoxicilline et Cefoxitine. Elle reste sensible de 20% à la Gentamicine.

4.9. Antibiogramme de *Pseudomonas fluorescens*

Le tableau ci-dessous présente les résultats de l'antibiogramme réalisés sur la souche de *Pseudomonas fluorescens* (Tableau 19).

Tableau 19 : Résultats de l'antibiogramme pour *Pseudomonas fluorescens*.

Antibiotique	P	VA	GEN	AML	FOX
Diamètre (mm)	0	10	26	0	23
Catégorie clinique	R	R	S	R	S

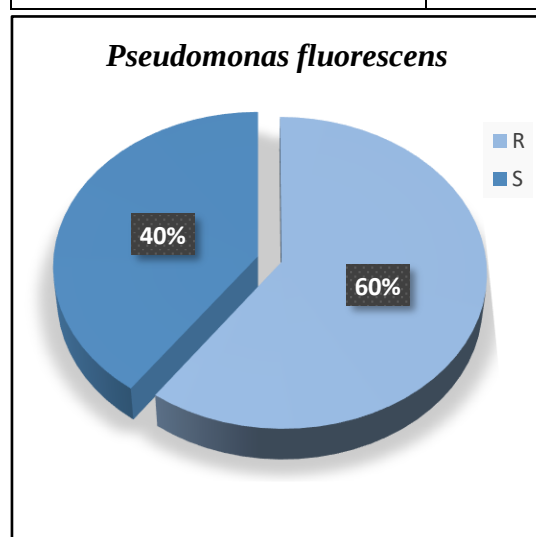


Figure 47 : Taux de résistance de *P. fluorescens*.

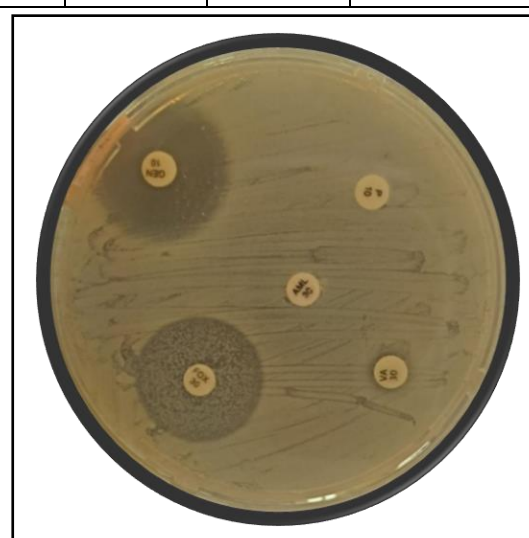


Figure 48 : Profile de résistance aux antibiotiques de *P. fluorescens*.

La souche *Pseudomonas fluorescens* étudiée montre une résistance à 60 % des antibiotiques testés, notamment à la Pénicilline, la Vancomycine et l'Amoxicilline. Elle reste sensible de 40% à la Gentamicine et au Cefoxitine.

Discussion

L'eau joue des rôles variés, servant à la fois d'aliment, de médicament potentiel, de matière première dans les secteurs industriel, énergétique et agricole. Ses applications sont nombreuses, mais en lien avec la santé humaine, elles se concentrent principalement sur l'agriculture, l'aquaculture, l'industrie, l'artisanat, les loisirs aquatiques tels que la baignade, et surtout sur la distribution d'eau potable, essentielle à la consommation alimentaire (boisson, préparation culinaire) ainsi qu'à l'hygiène et aux usages domestiques (Festy *et al.*, 2003).

Dans le cadre de l'évaluation de la qualité microbiologique de l'eau et de son influence sur les maladies hydriques, six sites de prélèvement ont été sélectionnés dans la wilaya de Guelma. L'étude s'est portée sur deux sources naturelles (Ain Larbaa et Sidi Abid), deux points d'eau potable situés à la résidence universitaire Yahia Salah et à la cité Bara Lakhdar, ainsi que deux Oueds (Oued Seybouse et Oued Zenati). Cette approche vise à identifier la répartition des contaminants microbiologiques selon la provenance de l'eau et à établir une liaison entre les paramètres microbiologiques et les éventuels risques sanitaires.

Les analyses microbiologiques de la qualité de l'eau révèlent une absence totale de contamination bactérienne dans l'eau du robinet, avec une concentration de 0 UFC/ml conforme aux normes établies par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et la Directive Européenne sur l'Eau Potable (OMS, 2017), (EU Water Directive, 2020). Ces résultats confirment que l'eau du robinet est potable et sécurisée pour la consommation humaine.

En ce qui concerne les eaux de sources, les analyses indiquent une concentration bactérienne de 10 et 25 UFC/ml à 22°C et 04 et 07 UFC/ml à 37°C, ce qui suggère une contamination limitée, probablement liée à des facteurs environnementaux tels que le ruissellement ou la présence de micro-organismes autochtones. Cependant, ces valeurs restent acceptables pour les germes totaux à 22°C, garantissant une qualité acceptable de ces eaux (OMS, 2017).

Les analyses microbiologiques d'Oued Seybouse et d'Oued Zenati ont révélé une forte concentration de micro-organismes (≤ 1000 UFC / ml selon OMS) aboutissant à la formation de nappes confluentes dans l'ensemble des boîtes de Pétri. Ces résultats traduisent une densité particulièrement élevée de germes. Cette présence significative de bactéries est souvent liée à une pollution organique et à des rejets anthropiques, compromettant la qualité de ces eaux. Les

résultats obtenus montrent que ces eaux dépassent les seuils de potabilité et l'arrosage nécessitent un traitement avancé avant leur usage (OMS, 2017), (EU Water Directive, 2020).

La recherche des coliformes est primordiale du fait qu'un grand nombre d'entre eux vivent en abondance sur les matières fécales humaines et des animaux à sang chaud et de ce fait constituent des indicateurs de première importance (Duffour, 1977). La présence de bactéries coliformes dans un milieu signifie forcément ses fréquentations par des animaux (Leminar et Veron 1984, Ferron, 1984 Fourgeois *et al.*, 1985).

L'analyse microbiologique des échantillons d'eau révèle des écarts notables selon leur site de prélèvement. Selon les normes internationales, notamment celles de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et de la Directive Européenne sur l'eau potable (D.E.), l'eau potable doit contenir 0 coliformes fécaux/ml. En comparant, les échantillons provenant des deux robinets qui affichent 0 UFC/ml à ce qui correspond aux standards de qualité microbiologique et indique une absence de contamination bactérienne détectable (WHO, 2017 ; EU Water Directive, 2020). L'eau du robinet s'avère conforme aux normes de l'OMS et de la D.E. avec une absence totale de bactéries pathogènes (0 UFC/ml), garantissant ainsi sa potabilité.

En revanche, les eaux de sources, Sidi Abid (3 CT/100 mL) et Ain Labaa (29 CT/100 mL), sont non conformes aux normes de l'O.M.S., qui exigent une absence totale de coliformes totaux dans 100 mL d'eau potable. La source de Sidi Abid présente une contamination faible, probablement liée à des facteurs environnementaux comme un stockage inadéquat ou des infiltrations superficielles (OMS, 2006). Tandis que la source d'Ain Labaa montre une contamination plus marquée, pouvant indiquer une pollution microbiologique plus importante et un risque sanitaire accru. Ces résultats justifient la nécessité d'un traitement approprié de l'eau, comme la désinfection, ainsi qu'un suivi microbiologique régulier et des mesures de protection des sources afin d'assurer la qualité sanitaire de l'eau distribuée.

Tandis que les eaux d'Oueds affichent une charge microbienne très élevée (jusqu'à 140×10^5 CF/ml), traduisant une pollution importante. Ces résultats soulignent la nécessité d'un traitement rigoureux des eaux naturelles avant toute utilisation.

Pour les coliformes fécaux, l'analyse microbiologique des échantillons d'eau par la méthode de filtration a révélé que les sources de Sidi Abid et Ain Labaa présentent chacune 3 coliformes fécaux dans le filtre, ce qui dépasse la norme de l'OMS qui exige une absence totale de ces germes dans l'eau potable, indiquant ainsi une contamination fécale récente et un risque

sanitaire pour les consommateurs. En revanche, l'eau d robinet de Yahia Salah et Bara Lakhdar sont conformes aux normes, avec une absence totale de coliformes fécaux, ce qui témoigne d'une bonne qualité hygiénique de l'eau.

Concernant les eaux de surface destinées à l'irrigation, Oueds Zenati et Oued Seybouse présentent respectivement $0,6 \times 10^4$ et $2,5 \times 10^3$ coliformes fécaux par 100 ml, ce qui dépasse les limites recommandées pour l'arrosage des cultures maraîchères consommées crues (inférieures à 1000 CF/100 ml (OMS, 2017), (EU Water Directive, 2020). mais peut être toléré pour l'irrigation de cultures industrielles ou non alimentaires, à condition de respecter certaines précautions. Ces résultats indiquent une contamination biologique importante nécessitant des mesures de traitement, de protection des sources et de surveillance régulière pour assurer la sécurité sanitaire des eaux utilisées à des fins domestiques ou agricoles.

La concentration de *Streptococcus D* ou *Streptococcus* fécaux dans l'eau est directement influencée par la quantité et la densité de matière fécale présente dans l'environnement aquatique (Guiraud *et al.*, Sushery, 1984). Ces bactéries sont particulièrement sensibles aux fluctuations des paramètres physico-chimiques du milieu, ce qui peut affecter leur survie et leur prolifération (Lenard *et al.*, 1989).

Selon Cuiraud *et al.*, ainsi que Sushery (1984), la concentration de *Streptococcus* fécaux est directement liée à la charge en matière fécale présente dans l'eau. Ces bactéries sont reconnues pour leur sensibilité aux variations physico-chimiques du milieu (Lenard *et al.*, 1989), ce qui explique leur présence fluctuante en fonction des conditions environnementales et des sources de pollution.

Les résultats obtenus indiquent que l'eau du robinet et de deux sources respecte pleinement les normes sanitaires internationales, garantissant son innocuité pour la consommation humaine.

Les résultats microbiologiques révèlent que les oueds Zenati et Seybouse présentent respectivement 40 000 et 90 000 streptocoques fécaux par 100 ml, ce qui dépasse largement les normes recommandées pour l'irrigation des cultures maraîchères consommées crues, lesquelles exigent une eau de qualité quasi potable avec une charge microbienne inférieure à 100 germes fécaux par 100 ml. La détection de ces microorganismes indique souvent une contamination par des eaux usées non traitées ou mal épurées, exposant les populations à des risques de maladies

gastro-intestinales et infectieuses telles que la gastro-entérite, la typhoïde et l'hépatite A (OMS, 2017).

La recherche des Anaérobies Sulfito-Réducteurs (ASR) dans l'eau est essentielle pour évaluer la qualité microbiologique et détecter une éventuelle contamination fécale ancienne. Ces bactéries, principalement représentées par *Clostridium perfringens*. Les ASR sont utilisés comme marqueurs de contamination fécale ancienne. Leur présence dans l'eau peut signaler une contamination par des eaux usées ou une infiltration de matières organiques, augmentant ainsi les risques sanitaires liés aux infections gastro-intestinales (Boyer, 2003).

D'après un rapport de l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire (ANSES), la recherche des ASR est intégrée aux protocoles de contrôle sanitaire des eaux destinées à la consommation humaine. La norme NF EN 26461-2 impose la surveillance des spores de micro-organismes anaérobies sulfito-réducteurs (*Clostridium*), notamment aux points de mise en distribution et aux points d'usage (Boyer, 2009).

Les résultats d'analyse des Anaérobies Sulfito-Réducteurs (ASR) montrent une absence totale dans l'eau de robinet de la cité de Bara Lakhdar, et la résidence universitaire de Yahia Salah et la source d'Ain Larbaa, ce qui est conforme aux normes de l'OMS pour l'eau potable, qui exigent l'absence de ces indicateurs témoignant d'une contamination fécale ancienne ou d'origine environnementale persistante.

La source de Sidi Abid présente 1 ASR/100 mL, ce qui représente une légère non-conformité signalant une contamination possible, bien que faible, nécessitant une désinfection avant consommation. En ce qui concerne les oueds Zenati et Seybouse, les colonies des ASR sont indénombrables, ce qui excède largement les seuils admis pour l'eau d'irrigation, notamment pour les cultures maraîchères consommées crues. Une telle contamination traduit une pollution environnementale importante et rend ces eaux impropres à l'arrosage sans traitement, soulignant la nécessité de contrôles rigoureux et de mesures de gestion pour protéger la santé publique.

Les résultats de l'analyse microbiologique de l'eau révèlent la présence d'une grande diversité de micro-organismes pathogènes ou opportunistes, comprenant à la fois des bactéries et des champignons, ce qui témoigne d'une pollution biologique significative des sources d'eau étudiées (OMS, 2017).

La détection d'*Escherichia coli* constitue un indicateur clé de contamination fécale récente, avec un risque élevé de transmission de maladies diarrhéiques, telles que la gastro-entérite ou la colibacillose (Leclerc *et al.*, 2001 ; OMS, 2017).

La présence d'*Enterobacter cloacae*, *Enterobacter aerogenes* et *Rousteila ornithinolytica* indique également une pollution fécale ou environnementale, ces bactéries étant souvent associées à des infections urinaires, pulmonaires ou nosocomiales, en particulier chez les personnes immunodéprimées (Cabral, 2010 ; Ashbolt, 2004).

Les *Aeromonas hydrophila/caviae*, quant à elles, sont des bactéries aquatiques pathogènes pouvant provoquer des infections gastro-intestinales, des plaies cutanées ou même des septicémies (Cabral, 2010 ; Atlas Bartha, 1998). La détection de *Staphylococcus xylosus*, généralement commensal, peut aussi signaler une contamination secondaire ou un risque dans le cadre d'une immunodépression (Cabral, 2010). La présence de *Pseudomonas fluorescens*, bien qu'environnementale, est préoccupante car certaines souches peuvent causer des infections opportunistes (Ashbolt, 2004 ; Atlas, Bartha, 1998).

Sur le plan fongique, la présence d'espèces telles que *Aspergillus niger*, *Aspergillus fumigatus*, *Penicillium spp.*, *Fusarium spp.* et *Candida albicans* indique une contamination fongique chronique de l'eau, avec un risque élevé pour les personnes vulnérables (Pitt, Hocking, 2009). *Aspergillus fumigatus*, en particulier, est un agent bien connu d'aspergilloses pulmonaires chez les immunodéprimés, tandis que *Fusarium* et *Penicillium* peuvent produire des mycotoxines toxiques pour l'homme (Pitt, Hocking, 2009). *Candida albicans*, quant à elle, est un champignon pathogène bien établi, responsable de candidoses cutanées ou systémiques (Cabral, 2010).

L'analyse microbiologique des échantillons d'eau montre une présence variable de levures et moisissures, des champignons microscopiques qui se développent facilement dans les milieux humides contenant de la matière organique. Bien qu'ils soient généralement non dangereux, leur concentration élevée peut affecter le goût et l'odeur de l'eau, indiquer une pollution environnementale, et parfois favoriser l'apparition d'espèces pouvant produire des toxines ou provoquer des allergies.

Dans l'ensemble, la présence de ces micro-organismes indique une qualité microbiologique de l'eau insuffisante pour la consommation humaine ou pour une utilisation agricole sans traitement préalable (OMS/FAO, 2006). Ces germes peuvent être responsables d'une large

gamme de maladies hydriques, allant des troubles gastro-intestinaux bénins à des infections graves, voire mortelles, chez les individus à risque (OMS, 2017 ; Cabral, 2010).

Ces résultats soulignent l'urgence d'une surveillance microbiologique continue, d'un traitement adéquat de l'eau, et d'une sensibilisation accrue aux risques sanitaires associés à l'utilisation d'eaux contaminées (Ashbolt, 2004 et OMS, 2006).

Par ailleurs, l'analyse de la résistance aux antibiotiques a révélé que *E. coli*, *Enterobacter cloacae* (présent dans Oued Zenati et Oued Seybouse) et *Aeromonas hydrophila/caviae* (dans l'Oued Zenati) affichent une résistance de 60% aux antibiotiques testés, incluant (P, VA, GEN, AML et FOX). Cette multirésistance aux antibiotiques constitue une préoccupation majeure en santé publique, car elle complique le traitement des infections potentielles et pose un risque accru de dissémination de souches résistantes dans l'environnement.

L'étude des résultats de l'antibiogramme indique que la souche *Pseudomonas fluorescens* montre une forte résistance à plusieurs antibiotiques, en particulier la pénicilline, la vancomycine et l'amoxicilline, ce qui suggère que ces antibiotiques ne sont pas efficaces contre cette souche. La souche *Pseudomonas fluorescens* montre une résistance à 60 % des antibiotiques testés, ce qui nécessite une vigilance accrue et un recours à des antibiotiques sensibles comme la gentamicine et la céfoxitine pour gérer efficacement les infections.

Les résultats des antibiogrammes révèlent des profils de résistance préoccupants chez plusieurs souches bactériennes isolées de l'eau, ce qui souligne une pression antibiotique environnementale potentielle. *Enterobacter cloacae* montre une résistance à la pénicilline (P), à la vancomycine (VA), et à l'amoxicilline (AML), mais reste sensible à la gentamicine (GEN) et à la céfoxitine (FOX). Ce profil est caractéristique de bactéries entériques capables d'acquérir des mécanismes de résistance plasmidique. *Rautella ornithinolytica* présente également une multirésistance (P, VA, AML), avec une sensibilité conservée vis-à-vis de la gentamicine et de la céfoxitine, ce qui pourrait suggérer une exposition environnementale aux bêta-lactamines. En revanche, *Staphylococcus xylosus*, une bactérie Gram positif commensale, se montre sensible à tous les antibiotiques testés, ce qui témoigne d'un moindre contact avec des agents antimicrobiens. Enfin, *Enterobacter aerogenes* est particulièrement préoccupant, présentant une résistance complète à la pénicilline, vancomycine, amoxicilline et céfoxitine, ne conservant que la sensibilité à la gentamicine. Ce profil multirésistant peut indiquer la présence de souches possédant des bêta-lactamases à spectre étendu (BLSE) ou d'autres mécanismes de résistance.

La présence de telles bactéries dans les sources d'eau constitue un risque sanitaire majeur, notamment en cas de contact avec l'homme ou de réutilisation de l'eau pour l'irrigation ou la consommation. Ces résultats soulignent l'importance d'un suivi microbiologique et de la lutte contre l'antibiorésistance dans l'environnement, conformément aux principes du concept « One Health ». Ces résultats renforcent la nécessité de renforcer les protocoles de surveillance microbiologique, de limiter la dissémination des résidus antibiotiques dans les écosystèmes aquatiques, et d'adopter des traitements adaptés pour garantir une eau conforme aux normes sanitaires internationales.

Conclusion et perspective

Ce travail a été réalisé dans la wilaya de Guelma, une région caractérisée par une diversité de sources hydriques utilisées à la fois pour la consommation humaine et l'irrigation agricole. L'objectif principal de notre étude était d'évaluer la qualité microbiologique de ces eaux afin de déterminer leur conformité aux normes sanitaires et d'identifier les risques de maladies à transmission hydrique.

En ce qui concerne les sources analysées, l'eau de robinets de cité Bara Lakhdar ainsi que la source de Larbâa, peuvent être considérées comme relativement sûres pour la consommation. En revanche, mais il est préférable de traiter l'eau de l'établissement Yahia Saleh et de la Source Sidi Abid afin d'améliorer sa qualité et de prévenir diverses maladies telles que gastro-intestinales et respiratoires causé par *Enterobacter cloacae* trouvé dans le robinet de Yahia Saleh. les deux Oueds (Oued Zénati et Oued Seybouse) précités présentent des niveaux de contamination élevés, rendant leur utilisation dangereuse.

Par ailleurs, l'eau d'irrigation constitue elle aussi un vecteur non négligeable dans la chaîne de transmission des agents pathogènes, notamment par la contamination des cultures maraîchères consommées crues. Les résultats de l'analyse montrent que les eaux d'Oued Seybouse et de l'Oued Zenati ne sont pas adaptées à une utilisation agricole, ce qui représente un danger réel pour la santé publique.

Les analyses microbiologiques menées sur différents échantillons d'eau ont révélé la présence de germes pathogènes tels que *Escherichia coli*, *Enterobacter cloacae*, *Aeromonas hydrophila/caviae*, *Rousteila ornitholitica*, *Staphylococcus xylosus*, *Pseudomonas fluorescens*, et d'autres espèces susceptibles de provoquer des infections gastro-intestinales, urinaires, voire systémiques, chez l'homme. Ces résultats mettent en évidence le rôle majeur de l'eau contaminée dans la propagation de maladies hydriques, en particulier dans les zones rurales ou à faible couverture en infrastructures de traitement de l'eau.

Face à ces constats, plusieurs mesures de prévention et de contrôle s'imposent. Il est essentiel de renforcer les systèmes de surveillance de la qualité de l'eau, de développer les infrastructures de traitement, et de sensibiliser la population aux risques sanitaires liés à l'usage d'eaux non traitées. De plus, des campagnes d'assainissement, la promotion de bonnes pratiques

d'irrigation, ainsi que le traitement préalable des eaux agricoles doivent être instaurés pour limiter la transmission des maladies hydriques.

Il est crucial de mettre en œuvre des mesures adaptées et efficaces pour limiter la transmission des maladies hydriques. Cela passe par un renforcement des contrôles microbiologiques des eaux destinées à la consommation et à l'irrigation, afin de détecter et prévenir les contaminations. La sensibilisation des populations joue également un rôle fondamental dans la réduction des risques sanitaires, en les sensibilisant aux dangers de l' eau contaminée et aux bonnes pratiques à adopter. De plus, une réglementation stricte et une meilleure gestion des rejets polluants, en particulier ceux provenant des activités industrielles et agricoles, permettraient de limiter l'impact des sources de contamination. Enfin, Le recours à des technologies innovantes, adaptées aux réalités locales et aux enjeux environnementaux, est essentiel pour améliorer durablement la qualité de l' eau et réduire les maladies liées à sa consommation.

En somme, la gestion rigoureuse des ressources en eau dans la wilaya de Guelma s'avère indispensable pour protéger la santé des populations et garantir un développement agricole sûr et durable.

Références bibliographiques

A

- ✍ **Abdellioui, S., Boukhdim, A., & Hamzaoui, H. (2012).** Qualité microbiologique d'un écosystème lotique : Cas de l'Oued El Kebir Ouest (Skikda, Nord-Est Algérien). Mémoire de Master. Université 8 Mai 1945 Guelma, 72 p.
- ✍ **Agence Nationale de Sécurité Sanitaire (ANSES). (2011).** *Bacillus spp* dans l'eau. Rapport scientifique.
- ✍ **Allocati, Nerino, et al. (2013).** *Escherichia coli* in Europe: an overview. International Journal of Environmental Research and Public Health, 10(12), 6235-6254.
- ✍ **Alia, S., Atamnia, W., et Derdech, S. (2018).** Évaluation de la qualité bactériologique et physicochimique des eaux de sources d'Ain Djemel et d'Ain Souda (Wilaya Guelma). Mémoire de Master, Université 8 Mai 1945 Guelma, 37-50 p.
- ✍ **Anofel, L. (2006).** Parasitologie et Mycologie. 2ème édition, Lavoisier, 123 p.
- ✍ **Ashbolt, Nicholas John. (2004).** Microbial contamination of drinking water and disease outcomes in developing regions. Toxicology, 198(1-3), 229-238.

✍ B

- ✍ **Bazine, N., et Bourenane, A. (2011).** Évaluation de la qualité bactériologique des eaux de l'oued Messida (Parc National d'El Kala, Wilaya d'El-Taref). Mémoire de Master, Université 8 Mai 1945 Guelma.
- ✍ **Batjom, E., Koulmann, P., Grasser, L., & Rousseau, J. M. (2005, June).** Une étiologie rare de syndrome de détresse respiratoire aiguë de l'adulte : la leptospirose. In *Annales françaises d'anesthésie et de réanimation* (Vol. 24, No. 6, pp. 637-639). Elsevier Masson.
- ✍ **Bezzaoucha, A. (2004).** Maladies à déclaration obligatoire : impact grandissant sur la santé publique. Édition Office des Publications Universitaires, Volume 2, Alger.
- ✍ **Benslim. (2015).** Contribution à l'étude de la résistance aux antibiotiques des souches. Mémoire de Master, Université 8 Mai 1945 Guelma.
- ✍ **Benyagoub, E., Nabbou, N., et Bendada, F. (2018).** Characterization of microbial risk level of liquid waste from a private dairy. *Indian Journal of Dairy Science*.

 C

-  **Calderone, R. A., et Fonzi, W. A. (2001).** Virulence factors of *Candida albicans*. *Trends in Microbiology*, 9(7), 327-335.
-  **Cawst. (2013).** Introduction à l'analyse de qualité de l'eau. 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, California 94105, USA.
-  **Cheesbrough, M. (2006).** District Laboratory Practice in Tropical Countries, Part 2. *Cambridge University Press*, New York, ISBN-13 978-0-511-34842-6.

 D

-  **Daoudal, P., Lancrenon, C., Tiberghien, E., Elcadi, T., Delacour, J. L., et Floriot, C. (1997).** Les leptospiroses : Maladies d'actualité. *La Semaine des Hôpitaux de Paris*, 73(33-34), 1087-1092.
-  **Dellarras, C. (2000).** Microbiologie de l'environnement avec législation : travaux pratiques. Gaëtan Moriu Éditeur, 117-136 p.
-  **Delarras, C. (2008).** Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux : réglementation, prélèvements-analyses. Lavoisier : Tec & Doc, 476 p.
-  **Direction Générale de la Santé. (2005).** Le risque lié aux légionelles : Guide d'investigation et d'aide à la gestion.

 F

-  **Festy, Bernard, Hartmann, Philippe, Ledrans, Martine, & Poratique, Dominique. (2003).** Environnement et santé publique : Fondements et pratiques. 333-368 p.

 G

-  **Greene, C. E. (2012).** Leptospirosis. In: *Infectious Diseases of Dog and Cat*, Fourth Edition, Elsevier Saunders, St Louis, Missouri, 431-447 p.
-  **Guiraud, R., & Sushery, H. (1984).** Analyse microbiologique des eaux contaminées.
-  **Gotfried, J. (2023).** Revue générale des gastro-entérites.

 H

-  **Hervé, C. (1997).** Méthode d'analyse bactériologique pour le contrôle des coquillages.
-  **Hellal, A. B. (2011).** Manuel de travaux pratiques. Canada, Université Publications Office.

 J

-  **Joly, D., Brossard, T., Cardot, H., Cavailhes, J., Hilal, M., & Wavresky, P. (2010).** Les types de climats en France, une construction spatiale. *Cybergeo : European Journal of Geography*.

 K

-  **Kettab, A. (2001).** Les ressources en eau en Algérie : stratégies, enjeux et vision. *Desalination*, 136(1-3), 25-33.

 L

-  **Larpent, J. P. (1997).** Microbiologie des eaux alimentaires : Techniques de laboratoire. *Éditions Tec et Doc*, 294-300 p.
-  **Laure Quilici, M. (2011).** Revue francophone des laboratoires - AVRIL 2011 - N°431, page 51.
-  **Lawrence, Christine. (2005).** Diagnostic et prévention de la légionellose nosocomiale. *Revue Francophone des Laboratoires*, 376, 59-65.
-  **Levallois, P. (2025).** Santé Publique France, Anses, CIRC.

 M

-  **Mohamed, R. (2018-2019).** Contribution à l'étude de la qualité de l'eau. Centre Universitaire El Wancharissi de Tissemsilt, Institut des Sciences et Technologies.
-  **Mor, J. (2007).** Les ressources en eau sur Terre : Origine, utilisation et perspectives dans le contexte du changement climatique.

 N

-  **Naima, B., & Zemmour Houda. (2021).** Étude comparative de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux. Département de biologie.
-  **Naciri, & Muriel. (1992).** La cryptosporidiose : Importance de la contamination de l'eau. *Productions Animales*.
-  **Ngalamulume, L. L., Katangala, J. P. B., Kabamusu, G. T., Kapambu, R., Kalala, B. B., Mbanza, P., Lukadi, S., Bantukujika, F. B., Bakatubala, A. B., Lusamba, A. N. (2021).**

Analyse microbiologique de l'eau de boisson de différentes sources consommées par la population de la Province du Kasai Central : Cas de la Zone de Santé Rurale de Mutoto. *Revue de l'Infirmier Congolais*, 5(1), 1-8.

 O

-  **Organisation Mondiale de la Santé (OMS). (2003).** L'eau pour les hommes, l'eau pour la vie. Paris, Unesco-Wwap.
-  **Ouhsassi, M., Khay, E. O., Amajoud, N., & Abrini, J. (2013).** Étude de la qualité microbiologique des eaux Skundo ; Ancien réseau d'approvisionnement en eau (Medina de Tétouan, Maroc). Science Lib.

 R

-  **Rodier, J. (2009).** L'analyse de l'eau, 9ème édition, Éditions Dunod, 1579 p.
-  **Rodier, J., Bazin, C., Broutin, J., Chambon, P., Champsaur, H., & Rodil. (1996).** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8ème Édition Dunod, Paris, 1383 p.

 Site d'internet

-  1. <https://www.youtube.com/watch?v=58Rk7WS9Mow&t=346s> consulté le : 06/05/2025
-  2. <https://microbenotes.com/polio-virus/> consulté le : 14/04/2025
-  3. <https://images.app.goo.gl/Fxrgx3tpgfdKiVaP> consulté le : 10/04/2025
-  4. <https://viralzone.expasy.org/27> consulté le : 10/04/2025
-  5. <https://www.cdc.gov/dpdx/amebiasis/> consulté le : 14/04/2025
-  6. <https://www.youtube.com/watch?v=58Rk7WS9Mow&t=346s> consulté le : 06/05/2025
-  (WHO, 2020). <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/campylobacter> consulté le: 15/04/2025.
-  (WHO, 2017). <https://www.who.int/publications> consulté le : 15/04/2025.
-  (OMS 2022). <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/353598/9789240048157-fre.pdf?sequence=1>) consulté le : 19/03/2025.
-  (EU Water Directive, 2020) (<https://eur-lex.europa.eu>). consulté le : 17/04/2025.
-  (ISO, 2020) <https://www.iso.org/fr/secteurs/environnement/qualite-eau>. consulté le : 17/04/2025.

Résumé

L'eau est une ressource essentielle et vitale à la vie, car elle est l'un des éléments les plus utilisés dans les domaines de la nutrition et de l'hygiène. Elle doit répondre à des normes de qualité strictes, car la présence de bactéries, d'organismes ou de substances dangereuses peut constituer un risque majeur pour la santé humaine. Ce type de contamination peut provoquer des maladies dites à transmission hydrique (MTH). Notre étude porte sur l'évaluation de la qualité microbiologique de l'eau destinée à la consommation humaine, à partir d'échantillons prélevés dans différentes localités de la wilaya de Guelma (robinets, sources, oueds). Les analyses ont été réalisées au laboratoire de l'Université de Guelma et à la station de Hammam Debagh. Les résultats de l'analyse bactériologique ont révélé une quasi-absence de germes dans les eaux de robinet. En revanche, une contamination bactérienne variable, notamment d'origine fécale récente ou ancienne, a été détectée dans les eaux des sources étudiées. Les eaux des oueds présentent quant à elles une pollution significative, caractérisée par une forte charge en bactéries indicatrices de contamination, due essentiellement aux rejets domestiques, agricoles ou industriels.

Mots-clés : Eau, qualité bactériologique, MTH, Wilaya de Guelma, pollution.

Abstract

Water is an essential and vital resource for life, widely used in both nutrition and hygiene. It must comply with strict quality standards, as the presence of bacteria, organisms, or hazardous substances can pose serious risks to human health. Such contamination can lead to waterborne diseases (WBD). This study focuses on evaluating the microbiological quality of water intended for human consumption, based on samples collected from various regions in the wilaya of Guelma (tap water, springs, rivers). The analyses were carried out in the laboratories of the University of Guelma and the Hammam Debagh station. The bacteriological results revealed an almost complete absence of pathogens in tap water. However, variable levels of bacterial contamination mostly of fecal origin were found in spring water. River water, on the other hand, showed significant pollution, with a high concentration of indicator bacteria, mainly due to domestic, agricultural, or industrial discharges.

Keywords: Water, bacteriological quality, WBD, Wilaya of Guelma, pollution.

ملخص

يُعد الماء موردًا أساسيًا لا غنى عنه للحياة، حيث يُستخدم بشكل واسع في مجالات التغذية والنظافة. ويتعين أن يستوفي معايير صارمة للجودة، لأن وجود البكتيريا أو الكائنات أو المواد الخطرة قد يُشكل خطرًا على الصحة العامة. وقد تؤدي هذه الملوثات إلى أمراض تُعرف بالأمراض المنقولة عبر المياه تهدف دراستنا إلى تقييم الجودة الميكروبيولوجية لمياه الشرب، انطلاقًا من عينات أُخذت من مناطق مختلفة من ولاية قالمه من (الحنفيات، والينابيع، والأودية). وقد أُجريت التحاليل في مخبر جامعة قالمه ومحطة حمام دباغ. أظهرت نتائج التحليل البكتيري غيابًا شبه تام للجراثيم في مياه الحنفيات، في حين سُجلت نسب متفاوتة من التلوث البكتيري وخاصة من أصل بُرازي في مياه الينابيع. أما الأودية، فقد أظهرت تلوثًا ملحوظًا يتمثل في كثافة عالية من البكتيريا الدالة على التلوث، ويرجع ذلك أساسًا إلى التصريفات المنزلية والزراعية والصناعية.

الكلمات المفتاحية: الماء، الجودة البكتيريولوجية، الأمراض المنقولة بالماء، ولاية قالمه، التلوث

Annexes

Annexe I : Table de Mac Grady (Rodier., 2009)

Nombre caractéristique	Nombre de cellules	Nombre caractéristique	Nombre de cellules
000	0.0	001	0.3
010	0.3	011	0.6
020	0.6	100	0.4
101	0.7	102	1.1
110	0.7	111	1.1
120	1.1	121	1.5
130	1.6	200	0.9
201	1.4	202	2.0
210	1.5	211	2.0
212	3.0	220	2.0
221	3.0	222	3.5
230	3.0	231	3.0
232	4.0	300	2.5
301	4.0	302	6.5
310	4.5	311	7.5
312	11.5	313	16.0
320	9.5	321	15.0
322	20.0	323	20.0
330	25.0	331	40.0
332	110.0	333	140.0

Annexe II : Normes d'eau potable selon L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et l'Agence Européenne de l'Environnement

L'agent microbiologique	Normes d'eau potable selon L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et l'Agence Européenne de l'Environnement	Normes de l'eau d'arrosage (oued) selon L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et l'Agence Européenne de l'Environnement
Coliformes totaux	0 UFC/100 ml 0 UFC/100 ml	< 1000 UFC/100 ml < 1000 UFC/100 ml
Coliformes fécaux	0 UFC/100 ml 0 UFC/100 ml	< 100 UFC/100 ml < 100 UFC/100 ml
Germes totaux	< 500 UFC/ml < 500 UFC/ml	Variable selon usage
Anaérobies Sulfito-Réducteurs (ASR)	0 UFC/100 ml 0 UFC/100 ml	Non spécifié
Streptocoques fécaux	0 UFC/100 ml 0 UFC/100 ml	< 100 UFC/100 ml < 100 UFC/100 ml
Salmonelles et Shigelles	Absence totale Absence totale	Absence totale
Staphylocoques	Absence totale	Non spécifié
Levures et moisissures	Non Spécifié	Non spécifié
Entérobactéries	Absence totale	Non spécifié
<i>Vibrio cholerae</i>	Absence totale	Absence totale
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Absence totale	Non spécifié

ANNEXE III

Tableau III.1. Valeurs critiques des diamètres des zones d'inhibition pour les Entérobactéries (Comité d'antibiogramme de la société française de microbiologie, 2012)

Antibiotiques testés	Charge des disques	Diamètres critiques (mm)	
		R	S
Amoxicilline	25µg	≤16	≥21
Cefoxitine	30µg	≤15	≥22
Gentamicine	10µg	≤12	≥15
Pénicilline	10UI	≤18	≥29

Tableau III.2. Valeurs critiques des diamètres des zones d'inhibition pour *Staphylococcus spp* (Comité d'antibiogramme de la société française de microbiologie, 2012)

Antibiotiques testés	Charge des disques	Diamètres critiques (mm)	
		R	S
Amoxicilline	25µg	≤19	≥22
Cefoxitine	30µg	≤21	≥22
Gentamicine	10µg	≤12	≥15
Pénicilline	10UI	≤28	≥29
Vancomycine	30µg	-	≥17

Tableau III.3. Valeurs critiques des diamètres des zones d'inhibition pour *Pseudomonas spp* (Comité d'antibiogramme de la société française de microbiologie, 2012)

Antibiotiques testés	Charge des disques	Diamètres critiques (mm)	
		R	S
Cefoxitine	30µg	≤15	≥22
Gentamicine	10µg	≤16	≥16
Pénicilline	10UI	≤18	≥18

Tableau: Identification biochimique des espèces isolées à partir de l'eau.

Agent pathogène	Galerie utilisée
<i>Escherichia coli</i> I (Résidence universitaire)	API 20E 
<i>Enterobacter cloacae</i> (R.U)	API 20 ^E 
<i>Enterobacter cloacae</i> (Oued Seybouse)	API 20 ^E 
<i>Aeromonas hydrophila</i> / <i>caviae</i> (Oued zenati)	API 20NE 
<i>Roulettea ornitholitica</i> (Oued Seybouse)	API 20 ^E 
<i>Aeromonas hydrophila</i> / <i>caviae</i> (oued Seybouse)	API 20NE 
<i>Staphylococcus xylosus</i> (Oued zenati)	API STAPH 
<i>Entérobacter aérogènes</i> (Oued zenati)	API 20E 
<i>Pseudomonas fluorescens</i> (Oued Seybouse)	API 20NE 