

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة 08 ماي 1945 قالمة

Université, 8 mai 1945, Guelma

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la Terre et l'Univers



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Science de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire

Département : Biologie

**Étude comparative de la qualité microbiologique de l'eau de
Barrage Bouhamdane (Guelma) et Zit-Emba (Skikda)**

Présenté par :

Melle : **Belhassab Nouhed**

Melle : **Benghazi Boutheyne**

Devant le jury :

Président : Hadidi.I

Examineur : Mesbah.A

Encadreur : Mme.Malek.Insaf

Grade

M.C.B

M.C.B

M.C.B

Université

Université 8 Mai 1945 - GUELMA

Université 8 Mai 1945 - GUELMA

Université 8 Mai 1945 - GUELMA

Juin 2023

REMERCIEMENT

*Au terme de ce travail, nous remercions **Dieu** le puissant créateur qui nous guider vers l'achèvement de ce travail.*

Un travail de recherche, nécessite le concours d'un certain nombre de personnes. Ce mémoire est aujourd'hui l'occasion de remercier toutes les personnes qui ont collaboré à ce travail.

*Nous voudrions adresser toute notre tendresse à **nos parents** dont l'amour inconditionnel nous permet de remonter la pente lors des moments difficiles.*

*Nous tenons à remercier tout d'abord et infiniment notre encadreur Mme « **Malek Insaf** », qui nous a accordé l'honneur de diriger ce travail, sa compétence et ses conseils pertinents ont été pour nous un solide repère et réconfort dans tous les moments, Merci pour tous ce que vous avez fait pour la réussite de ce travail.*

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

*Nous remercions également l'ensemble du personnel du laboratoire de Microbiologie université de Guelma, et surtout Mm « **Houda** » le technicien de laboratoire pour leur aide continuel au cours de la réalisation pratique de ce travail.*

Finalement, nous remercions toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la concrétisation de ce mémoire.

A tous ceux que j'ai oublié de citer.

Merci

Dédicaces

Avec tous mes sentiments de respect, avec l'expérience de ma reconnaissance, je dédie ma remise de diplôme et ma joie.

A mon paradis, à la prunelle de mes yeux, ma lune et le fil d'espoir qui affument mon chemin, ma moitié, maman.

A celui qui m'a fait une femme, ma source de vie, à mon support qui était toujours à mes côtés pour me soutenir et m'encourager, à mon prince papa.

A mon frère Wassim qui n'a pas cessé de m'encourager et soutenir tout au long de mes études.

A mon cher frère Wail et ma sœur Nouha Tassnim.

A tous les membres de ma grande famille, mes tantes et mes cousines.

Sans oublier mon binôme Bouthayna pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet, un grand merci du fond du cœur pour tous les bons moments durant quatre ans de connaissance, surtout cette année et pour vos efforts.

A mes meilleurs amis : Lina, Farah, Nour et Houda.

A tout ce qui ont participé à ma réussite et à tous qui m'aiment.

Nihed



Dédicace

Avant tout, je dois remercier Dieu Tout-Puissant de m'avoir donné l'envie et la force de mener à bien ce travail.

A l'homme de courage et de force, à celui qui a toujours été présent, qui m'a appris les vraies valeurs de la vie à celui qui m'a soutenu en toutes circonstances, mon très chère papa HAMIDE que j'aime trop.

A la femme la plus courageuse, sensible, généreuse, à celle qui a su me donner amour et joie de vivre, à celle qui a toujours montrée affection et compréhension à mon égard, ma très chère maman RAZIKA que j'aime trop.

A mes chères sœurs MERIEM et KHADIDJA pour leurs encouragements constants et leur soutien moral.

A mes amis MANELE et HAYETTE pour tous les souvenirs, vous avez une place dans mon cœur, vous êtes plus que mes sœurs.

A mon amie Nihed pour ses encouragements constants et tous les souvenirs durant ses années d'école.

A tous ceux que j'aime, à tous ceux qui m'aiment.

Boutheyna

Table des matières

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction	1

Synthèse Bibliographique

Chapitre I : Généralités sur l'eau

I.1 Définition de l'eau	3
I.2 Différents types de l'eau de consommation	3
I.2.1 Eaux souterraines	3
I.2.2 Eaux de surface	4
I.3 Importance de l'eau	6
I.4. Paramètre d'analyse de l'eau	7
I.4.1 Paramètres organoleptiques	7
I.4.2 Paramètres physico-chimiques	8
I.4.3 Les paramètres bactériologiques	12
I.5 Classification des polluants.....	16
a) Polluants chimiques	16
b) Polluants radioactifs	16
c) Polluants biologiques	16
d) Polluant physique	16
I.6 Les principales sources de pollution	17
a. Pollution industrielle	17
b. Pollution domestique	17
c. Pollution agricole	18

Chapitre II : Description de site de prélèvement

II.1 Description du site d'étude (Barrage Bouhamdane).....	19
II.1.1 Présentation de la wilaya de Guelma	19
II.1.2 Description du premier site d'étude.....	19
a. Localisation du Barrage Bouhamdane	19
b. Localisation de la station de traitement.....	20
c. Réseau hydrographique	21

II.1.3 Aperçu climatique.....	22
a) La pluviométrie	23
b) La température.....	23
II.1.4 Le cadre biotique	24
a) La faune.....	24
b) La flore	25
II.2 Description du site d'étude (Barrage Zit-Emba)	25
II.2.1 Présentation de la wilaya de SKIKDA	25
II.2.2 Présentation du deuxième site d'étude.....	25
1) Cadre géologique.....	27
2) Etude Climatique.....	27
a) La température	27
b) Les précipitations.....	28
c) L'humidité relative	29
d) Le vent	29

Etude expérimentales

Chapitre IV : Matériel et méthodes

III.1 Matériel et produits.....	30
III.2 Méthodes de prélèvement.....	30
III.2.1 Prélèvement de l'eau et choix des stations.....	30
III.2.2 Transport et conservation.....	32
III.3 Les analyses bactériologiques	32
III.3.1 Recherche et dénombrement des germes revivifiables	32
III.3.2 Recherche et dénombrement des coliformes en milieux liquides (méthode de NPP).....	35
III.3.2.1 Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux E. coli	35
III.3.2.2 Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux	37
III.3.2.3 Recherche et dénombrement des bactéries anaérobies sulfito-réductrices (ASR)	39
III.3.3 Recherche des germes pathogènes	40
III.3.3.1 Recherche des salmonelles.....	41
III.3.3.2 Recherche des staphylocoques.....	42
III.3.3.3 Recherche des Pseudomonas	43
III.3.3.4 Recherche des Shigelles.....	45
III.3.3.5 Recherche de Vibriion cholériques	46
III.3.3.6 Recherche des levures et moisissures	47

III.4 Identifications biochimiques des germes	48
III.4.1 Recherche de l'oxydase	48
III.4.2 Recherche de Catalase	49
III.4.3 API 20 E	50
III.4.4 Galerie API 20NE.....	51

Chapitre III : Résultats et discussion

IV.1 Résultats d'analyses bactériologiques.....	53
IV.1.1. Résultat des germes totaux	54
IV.1.2. Résultat des coliformes totaux et fécaux	56
IV.1.3. Résultat des streptocoques fécaux	58
IV.1.4. Résultat et dénombrement des bactéries anaérobies sulfito-réductrices (ASR).....	59
IV.1.5. Résultat des germes pathogènes.....	60
Conclusion	71

Références bibliographiques

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des figures

N°	Titre	page
01	La structure d'eau	3
02	Eau de souterraine	4
03	Eaux de surface	5
04	Les coliformes totaux	13
05	Les coliformes fécaux	14
06	Escherichia coli	14
07	Clostridium sulfito-réducteurs	15
08	La pollution produite par l'industrie	17
09	Pollution d'eau d'origine domestique	18
10	Pollution agricole	18
11	Présentation de la wilaya de Guelma	19
12	Photo satellitaire du Barrage Bouhamdane (Google Earth 2023)	20
13	Situation géographique du barrage Hammam Debagh	21
14	Carte bioclimatique du nord de l'Algérie	23
15	Variation de la température : Guelma (2007-2016).	24
16	Carte des limites de la wilaya de Skikda	25
17	Photo satellitaire du Barrage Zit-Emba (Google Earth 2023).	26
18	Carte de situation géographique du bassin versant du barrage ZIT-EMBA	26
19	Variation des précipitations moyennes mensuelles : station de Skikda (1997-2012).	29
20	Barrage Bouhamdane et les points de prélèvement	30
21	Barrage Zit-Emba (Skikda)	31
22	Protocole de recherche et dénombrement des microorganismes revivifiables à 22°C et 37°C dans les eaux	34

23	Protocole expérimental de dénombrement des Coliformes totaux et fécaux.	37
24	Protocole de recherche et dénombrement des Streptocoque fécaux	38
25	Protocole de recherche et dénombrement des anaérobies sulfito réducteur.	40
26	Protocole de recherche des Salmonella	42
27	Recherche et identification du staphylocoque pathogène (S. aureus)	43
28	Protocole de recherche de Pseudomonas	45
29	Protocole de recherche des Shigelles	46
30	Protocole de recherche de Vibrio choléras	47
31	Protocole de recherche des levures et moisissure	48
32	Recherche d'oxydase	49
33	Teste de catalase	50
34	Evolution des germes revivifiables à 37°C de l'eau des deux Barrages (Février –Mars, 2023).	54
35	Evolution des germes revivifiables à 22°C de l'eau des deux Barrages (Février –Mars, 2023).	55
36	Résultat de la recherche des germes totaux au milieu de TGEA.	56
37	Variation CT (coliformes totaux) /100 ml des eaux de Barrage (Février et Mars,2023).	56
38	Résultat de la recherche des coliformes totaux au milieu BCPL.	57
39	Variation des CF (coliformes fécaux) /100 ml des eaux de deux barrages (Février et Mars, 2022).	57
40	Tubes de milieu Schubert positif (Présence d'E coli).	58
41	Tubes de milieu Schubert négatif (Absence d'E coli).	58
42	Tubes de milieu Roth négatif (Absence de SF).	59
43	Variation des ASR/20ml (anaérobies sulfito-réductrices) des eaux de barrage (Février et Mars 2023).	59
44	Résultats obtenus par la recherche des ASR.	60

45	Les valeurs des germes salmonella de l'eau des deux barrages (Février et Mars,2023).	61
46	Résultats de test oxydase positif, catalase négative de milieu Hektoen pour les deux eaux.	62
47	Résultats de test oxydase positif, catalase négative de milieu S-S pour les deux eaux.	62
48	Résultats obtenus par la recherche des salmonelles.	63
49	Résultats obtenus par la recherche des staphylocoques.	63
50	Les valeurs des germes vibrio cholériques de l'eaux des deux barrages (Février et Mars, 2023).	64
51	Résultats de test oxydase positif, catalase négative de milieu GNAB pour les deux eaux.	65
52	Les valeurs des Shigelles dénombrées dans l eaux des deux barrages (Février et Mars, 2023).	65
53	Résultats de test oxydase positif, catalase négative de milieu Hektoen pour les deux eaux.	67
54	Résultats de test oxydase positif, catalase négative de milieu S-S pour les deux eaux.	67
55	Résultats de test oxydase positif, catalase négative de milieu Mac-Konkey pour les deux eaux.	67
56	Répartition des moisissures et levures dans les eaux des barrages (Février et Mars, 2023).	68
57	Profil biochimique de la souche Aeromonas hydrophila/caviae.	68
58	Profil biochimique de la souche Morganella morganii.	69
59	Profil biochimique de la souche Proteus mirabilis.	69
60	Profil biochimique de la souche Moellereella wiscnsensis.	69
61	Profil biochimique de la souche Pasteurella spp.	70
62	Profil biochimique de la souche Enterobacter sakazakii.	70

Liste des tableaux

Numéro	Titre	Page
Tab.01	Les principales différences entre les eaux de surface et les eaux souterraines	5
Tab.02	Qualité de l'eau en fonction de la conductivité électrique	9
Tab.03	Relation entre la minéralisation et la conductivité électrique	9
Tab.04	Classification des eaux selon leur pH	10
Tab.05	Principale caractéristique du barrage de Hammam Debagh (ADE)	21
Tab.06	Température moyennes mensuelles en °C (2007-2016)	24
Tab.07	Températures moyennes mensuelles en °C (1997-2012).	28
Tab.08	Précipitations moyennes mensuelles en mm (1997-2012).	28
Tab.09	Présentation des lieux et période de prélèvement	31
Tab.10	Les résultats des analyses bactériologiques	53
Tab.11	Résultats de l'identification biochimique des colonies isolées sur gélose Hektoen, S-S (salmonelles).	62
Tab.12	Résultats de l'identification biochimique des Vibrio cholériques.	65
Tab.13	Résultats de l'identification biochimique des Shigelles.	66
Tab.14	Les espèces identifiées dans l'eau de deux barrages.	68

Liste des abréviations

% : Pourcentage

± : Plus ou moins

< : Supérieur

> : Inférieur

m³ : Mètre cube

° : Degré

μs : Micro-siemens

μm : Micromètre

°C : Degré Celsius

(-) : Négatif

(+) : Positif

ASR : Anaérobies sulfito-réducteurs

B1 : Barrage Bouhamdane (GUELMA)

B2 : Barrage zit-Embat (SKIKDA)

BCPL : Bouillon lactose au pourpre de bromocrésol

CF : Coliformes fécaux

CT : Coliformes totaux

CT/ml : Coliformes totaux par millilitre

D/C : Double concentration

EPA : Eau peptone alcaline

E. Coli : Escherichia coli

Fig : Figure

SF : Streptocoques fécaux

GNAB : Gélose nutritive Alcaline et bilée

h : Heure

H : Hydrogène

H₂O : Eau

Km : Kilomètre

m : Mètre

ml : Millilitre

MES : Matière En Suspension conductivité

min : Minute

NPP : Nombre le plus probable

NO₂ : Nitrite

NO₃ : Nitrate

O : Oxygène

OMS : Organisation mondiale de santé

P : Précipitations moyennes annuelles

PH : Potentielle Hydrogène

S/C: Simple concentration

SS: Salmonella-Shigella

SFB: Sélénite-f Broth

T : Température moyennes annuelles

Tab : Tableau

TGEA : Gélose numération : Gélostryptone-glucose-Extrait de levure

UFC : Unité formant colonie

UFC/ml : Unité formant colonie par millimètre

VF : Viande Foie

Introduction

Introduction

Dans la grande majorité des pays du monde, en particulier ceux en voie de développement, l'approvisionnement en eau est devenu un facteur clé de santé publique et du développement économique. Les besoins en eau des différentes populations varient considérablement selon l'état de la ville et le niveau de développement. Aussi, toutes les activités de l'homme pour l'alimentation, l'hygiène corporelle, le linge, les vaisselles, l'habitat sont liées à l'eau. La qualité de cette eau pour chacun de ses usages a une incidence sur notre santé et peut causer plusieurs types de maladies (cutanées, visuelles, urinaires, intestinales... etc.) (**Ghouli et al., 2022**).

L'eau n'est pas seulement indispensable à la vie, c'est également une grande présence culturelle, elle inspire les artistes, fait l'objet d'une recherche scientifique et dans beaucoup de traditions et de religions, elle est un élément indispensable du rituel.

Malgré son importance et son caractère souvent sacré, l'eau continue partout dans le monde à être gaspillée et souillée, dans les villes comme dans les campagnes. À ce jour, 18 % de la population mondiale n'a pas l'eau potable, 40 % n'ont pas de moyens d'hygiène élémentaires, chaque jour, les maladies causées par l'eau souillée font 6 000 morts, surtout des enfants (**Amimer ., 2015**).

La pollution causée par l'homme affecte de plus en plus le cycle de l'eau. Des traitements artificiels doivent souvent être appliqués pour compléter les cycles naturels d'autoépuration. Ces traitements sont en place à l'heure actuelle sur les stations d'épuration et les stations des traitements. En conséquence, ces dernières années, la qualité de l'eau et le contrôle de la pollution ont été soumis à un contrôle accru. Devenus obligatoires ont particulièrement explosé dans le but de protéger l'environnement et la santé des êtres vivants et d'exploiter les eaux contrôlées et traitées pour la consommation humaine ou l'utilisation industrielle (**Derouaz et Belmadi ., 2018**).

Les eaux des barrages sont vulnérables face aux diverses pollutions et sont souvent de qualité médiocre. Ces eaux sont susceptibles de contenir des substances diverses, de nature physico-chimique (sels minéraux, matières en suspension, micropolluants organiques et minéraux) et de nature biologique (bactéries, virus, parasites, ...). Certains de ces éléments peuvent non seulement dégrader la qualité de ces eaux mais aussi créer des problèmes plus au

moins désastreux face à la santé publique et à l'écosystème entière (**Derrouiche et Hammidi ., 2020**).

La wilaya de Guelma est l'une des wilayas de l'Algérie touchées par la sécheresse et la pollution des ressources en eau. Le barrage Hammam Debagh est situé à la sortie du bassin de Bouhamdane, dont les eaux sont sensibles à la contamination des agglomérations, de l'agriculture et de l'industrie situées à proximité du barrage (**Bouridane ., 2022**).

La région de Skikda et ses environs connaissent constamment des problèmes liés à la quantité et la qualité des eaux destinées à l'alimentation en eau potable ou à l'irrigation. Le barrage de Zit Emba, assure l'alimentation en eau à l'Est de la wilaya de Skikda et le chef-lieu d'elle-même, il est principalement nourri par Oued El Hammam, qui est formé à partir des sources thermiques d'Hammam Oulad Ali dans la Guelma wilaya (**Berghida et Rouana ., 2021**).

Dans la présente étude, nous proposons d'étudier la qualité microbiologique de l'eau de barrage Bouhamdane (GUELMA) et barrage de Zit-Embat (SKIKDA) au niveau du laboratoire de microbiologie à l'université 08 Mai 1945 Guelma.

L'objectif principal de notre travail consiste à :

- ✓ La recherche et le dénombrement des germes indicateurs d'une pollution fécale : les coliformes totaux, les coliformes fécaux, les streptocoques fécaux et les anaérobies sulfito-réducteur.
- ✓ La recherche des germes pathogènes.

Notre travail renferme plusieurs chapitres dont leur organisation commence par une introduction générale suivie par les chapitres ;

- Le premier et le second sont purement théoriques, d'une part ils se rejoignent Informations générales sur l'eau, et d'autre part une description de deux sites d'étude (Barrage Bouhamdane et Zit-Emba).
- Le troisième est un chapitre expérimental consacré aux méthodes utilisées pour l'analyse bactériologique de l'eau de barrage.
- Enfin, le dernier chapitre mentionne les différents résultats obtenus au cours de notre étude sous forme des tableaux et des graphes, avec une discussion et une conclusion concluant le mémoire.

Chapitre I :

Généralités sur l'eau

I.1. Définition de l'eau

L'eau est une substance liquide, translucide, sans saveur, sans odeur qui reflète la lumière et a la capacité de disperser un grand nombre de corps. Elle est créée chimiquement à partir de deux molécules d'hydrogène et d'oxygène. Dans la nature, l'eau existe en trois états : solide, liquide et gazeux (**Bouzi et Chelhi ., 2017**).

La formule chimique de l'eau est H_2O , et son poids moléculaire est de 18g. Ces propriétés comprennent d'être un liquide corporel à température et pression normale, incolore, sans odeur et insipide (**Derragui et Laribi ., 2019**). Elle est le substrat fondamental des activités biologiques et le constituant le plus important des organismes vivants (70 % de leur poids moyen) (**Derrouaz et Belmadi ., 2018**).

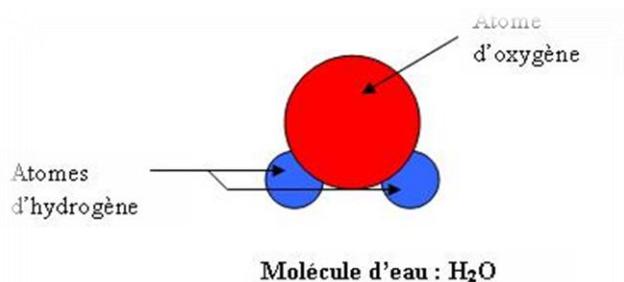


Figure 1 : La structure d'eau.

I.2 Différents types de l'eau de consommation :

I.2.1 Eaux souterraines :

Les eaux souterraines possèdent une importance capitale dans la plupart des régions du monde. Elles représentent environ 99 % de l'eau douce sur Terre. Cependant, cette ressource de bonne qualité se trouve actuellement menacée par diverses sources de pollutions ponctuelles et diffuses (**Boutheldja et al., 2016**).

Hydro géologiquement parlant, les couches aquifères sont divisées en :

- **Nappes phréatiques ou alluviales** : elles sont peu profondes et alimentées. Directement par les précipitations pluvieuses ou les écoulements d'eau.
- **Nappes captives** : elles sont plus profondes que la première et séparées de là. En surface par

une couche imperméable, l'alimentation de ces nappes est assurée par l'infiltration sur leur bordure (**Bara Y, 2016**).



Figure 2 : Eau de souterraine

I.2.2 Eaux de surface :

Cette eau comprend toute l'eau qui circule ou est stockée sur des surfaces continentales (rivières, lacs, étangs, barrages). L'eau de surface est l'eau véhiculée par les cours d'eau, ou contenue dans un lac ou maintenue derrière un barrage-réservoir (**Bara ., 2016**). La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terres traversées par ces eaux dans tous les bassins versants. Dans la plupart des cas, ces eaux sont des sites de développement de la vie microbienne en raison des déchets qui y sont rejetés et de la grande interface avec le milieu extérieur. C'est pourquoi cette eau est rarement potable sans aucun traitement (**Derragui et Laribi ., 2019**).

Les principales caractéristiques des eaux de surface sont les suivantes :

- Turbidités variables parfois élevées.
- Température variable.
- Contamination bactérienne : bactéries, virus.
- Fer et manganèse dissous : généralement absents.
- Nitrates peu abondants en général.
- La minéralisation mondiale varie en fonction du terrain, des précipitations et des rejets.



Figure 3 : Eaux de surface.

Tableau 1 : Les principales différences entre les eaux de surface et les eaux souterraines (Goudjil et Bencheikh., 2011).

Caractéristiques	Eaux de surface	Eaux souterraines
Température	Variable suivant saisons.	Relativement constante.
Turbidité, MES	Variable parfois élevée.	Faible ou nulle.
Couleur	Liée surtout aux MES sauf dans les eaux très douces et acides.	Liée surtout aux matières en solution (acides humique).
Minéralisation globale	Variable en fonction des terrains, des précipitations.	Sensiblement constante en générale nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région.
Fe²⁺ et Mn²⁺	Généralement absent, sauf en profondeur des pièces d'eaux en état d'eutrophisation.	Généralement présents.
CO₂ agressif	Généralement absent.	Souvent présent en grande quantité.
O₂ dissous	Le plus souvent au voisinage de la saturation. Absent dans le lac d'eaux très polluées	Absent la plupart du temps.
H₂S	Généralement présent.	Souvent présent.

NH⁴⁺	Présent seulement dans les eaux polluées.	Présent fréquemment sans être un indice systématique de pollution bactérienne
Nitrates, Nitrites	Peu abondant en général.	Teneur souvent élevée.
Silice	Peu abondant en général.	Teneur souvent élevée.
Micropolluant minéraux et organique	Présent dans les eaux de pays développés, mais susceptible de disparaître rapidement après suppression de la source.	Généralement absents, mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps.
Eléments vivants	Bactéries (dont certaines pathogènes), virus, plancton (animal et végétal).	Ferro bactéries fréquents.

I.3 Importance de l'eau :

La source la plus importante de la substance vivifiante est l'eau, qui est également la composante primaire de tout être vivant — la cellule, qui se trouve toujours immergée dans l'eau. Cette dernière joue un rôle dans la régulation de la concentration intracellulaire et extracellulaire, donc dans les échanges cellulaires qui permettent à leur tour à l'organisme de croître et de se développer (**Bouzidi et Chelih., 2017**).

L'eau est donc le signe distinctif de notre planète, c'est l'eau qui module les climats et permet le développement de la vie. L'eau est donc une ressource irremplaçable. Du fait de son caractère vital, l'eau a une valeur symbolique forte, elle est du domaine du sacré depuis aussi loin que l'on remonte l'humanité, qu'il s'agisse de religions, du domaine du sacré, de la philosophie, l'eau a une valeur très forte (**70**). Elle est une source de vie que toute l'humanité doit protéger, car sans l'eau le monde ne peut pas évoluer et encore sans l'eau le monde serait un désert (**71**).

Outre d'être le constituant essentiel des cellules, l'eau remplit les fonctions ;

- Participe aux nombreuses réactions chimiques dans le corps humain.
- Assure le transit d'un certain nombre de substances dissoutes indispensables aux cellules.

- Permet l'élimination des déchets métaboliques.
- Aide au maintien d'une température constante à l'intérieur du corps (**Benabda et Seridi., 2010**).

I.4. Paramètre d'analyse de l'eau :

La qualité d'une eau potable est basée à la fois sur des paramètres organoleptiques, physico-chimiques et bactériologiques, afin de prédire la qualité de l'eau potable, plusieurs paramètres doivent être mesurés ou estimés (**Derragui et Laribi., 2019**).

I.4.1 Paramètres organoleptiques :

a. Couleur :

La couleur d'une eau résulte de la présence de matières colorantes d'origine naturelle telle que la dégradation des matières végétales (bois, lignine), des matières organiques colorantes, exemple : acide humique, acide fulvique et des ions minéraux (Fe^{2+} , Cu^{2+} , Cr^{2+} ...). L'intensité de la couleur dépend non seulement de la concentration des matières colorantes, mais aussi du pH et de la turbidité (**Abdenour et Ait Namanét., 2015**).

Parallèlement à l'élimination de la couleur, plusieurs matériaux organiques indésirables (précurseurs de composés halo formes) sont également éliminés (**Alpha., 2005**).

b. Odeur et goût :

Les principaux corps pouvant donner à l'eau une saveur désagréable sont le fer et le manganèse, le chlore actif, le phénol et les chlorophénols. Le développement du goût se produit à mesure que la température augmente (**Abdenour et Ait Naman., 2015**), il n'a aucun appareil pour le mesurer. Il s'agit d'une combinaison de sensations gustatives, olfactives et chimiques partagées lorsqu'une nourriture ou une boisson est mise dans la bouche ; selon les physiologistes, il a trois saveurs principales (le salé, le sucré, l'amer) (**Derragui et Laribi., 2019**).

L'odeur est une propriété organique de l'organe olfactif dans le corps humain. Sont causées par la présence dans l'eau de substances relativement volatiles. Ces substances peuvent être inorganiques, comme le chlorure, les hypochlorites, le dioxyde de soufre SO_2 ou le sulfure d'hydrogène H_2S ; ou organiques comme les esters, les alcools, les nitrites, les dérivés aromatiques et des composés plus ou moins bien identifiés résultant de la décomposition de

matières animales ou végétales (comme les algues) ou encore dus à la pollution (**Alpha., 2005**). Les problèmes de goûts et d'odeurs générés par les algues bleues et les actinomycètes sont les plus difficiles à traiter par les méthodes conventionnelles (**Abdennour et Ait Naman., 2015**).

I.4.2 Paramètres physico-chimiques :

➤ **Turbidité :**

La turbidité est une caractéristique optique de l'eau, à savoir sa capacité à diffuser ou absorber la lumière incidente, elle est due à la présence dans l'eau de particules en suspension minérales ou organiques, vivantes ou détritiques, ainsi, plus une eau est chargée en biomasse phytoplanctonique ou en particules sédimentaires, plus elle est turbide, la turbidité des eaux est mesurée avec un turbidimètre en NTU (unité de turbidité néphélogétrie), les mesures de la turbidité ont donc un grand intérêt dans le contrôle de l'épuration des eaux brutes, d'après l'organisation mondiale de la santé (OMS) la turbidité maximale acceptable pour l'eau potable est de 5 NTU (**Derragui et Laribi ., 2019**).

➤ **Conductivité :**

La conductivité électrique est une expression numérique de la capacité d'une solution à conduire le courant électrique. La plupart des sels minéraux en solution sont de bons conducteurs. Elle est peut-être considérée comme la somme des conductivités des différents ions présents dans l'eau. La conductivité électrique standard s'exprime généralement en millisiemens par centimètre (ms/cm) (**Ben Abdallahe et Bourenane., 2013**).

Elle est liée à la présence d'ions en solution. Elle augmente avec la température et la concentration en sels dissous. Pour la mesure de la conductivité plonger la sonde dans le milieu à analyser, remuer avec soin et légèrement la sonde et attendre que la lecture se stabilise, après utilisation rincer les sondes à l'eau déminéralisée (**Bara., 2016**). La conductivité d'une eau naturelle est comprise entre 50 et 1500 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

Le tableau 2 présente la qualité de l'eau en fonction de la conductivité électrique :

Tableau 2 : Qualité de l'eau en fonction de la conductivité électrique (**Abdenmour et Ait Naman., 2015**).

Conductivité électrique (exprimé en $\mu\text{S}/\text{cm}$)	Qualité de l'eau
50 à 400	Excellente
400 à 750	De bonne qualité
750 à 1500	Médiocre mais eau utilisable
> à 1500	Minéralisation excessive

La mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau. Comme le montre le tableau suivant :

Tableau 3 : Relation entre la minéralisation et la conductivité électrique (**Abdenmour et Ait naman ., 2015**).

Conductivité électrique	Taux de minéralisation
$\text{CE} < 100 \mu/\text{cm}$	Minéralisation très faible
$100 < \text{C.E} < 200 \mu/\text{cm}$	Minéralisation faible
$200 < \text{C.E} < 333 \mu/\text{cm}$	Minéralisation moyenne
$333 < \text{C.E} < 666 \mu/\text{cm}$	Minéralisation moyenne accentuée
$666 < \text{C.E} < 1000 \mu/\text{cm}$	Minéralisation importante
$\text{C.E} < 1000 \mu/\text{cm}$	Minéralisation élevée

➤ **La température :**

La température de l'eau est un paramètre très important, elle joue un rôle dans l'augmentation des activités chimiques, bactériennes et de l'évaporation de l'eau. La température des eaux potables devrait être inférieure en été et supérieure en hiver à la température de l'air (**Bechaa et al., 2022**). En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH. Pour la connaissance de l'origine de l'eau. De plus la vitesse des réactions chimiques est : biochimiques varie en fonction de la température de l'eau. D'une façon générale, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air et ceci d'autant plus. Plus que leur origine est moins profonde (**Abdennour et Ait Naman., 2015**).

➤ **Alcalinité :**

À l'inverse de l'acidité, l'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bases et de sels d'acides faibles. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité résulte le plus généralement de la présence d'hydrogénocarbonates, carbonates et hydroxydes. D'autres sels d'acides faibles peuvent aussi être dosés et interfèrent dans la mesure : acides humiques, phosphates citrates, tartrates... la silice ionique peut aussi interférer notamment lorsque le pH est supérieur à 8.5 (**Bechaa et al., 2022**).

La norme ISO 9963 définit différentes catégories d'alcalinités :

- Titre alcalimétrique complet (TAC) : Calculer l'alcalinité totale au pH de 4,5 ce qui revient à déterminer les ions HCO_3^- , CO_3^{2-} , OH^- .
- Titre alcalimétrique simple (TA) (alcalinité composite) : elle correspond à l'alcalinité induite par les ions OH^- et à la moitié des ions CO_3^{2-} . Cette alcalinité est nulle pour. Une eau dont le pH est inférieur ou égal à 8,3 (**Abderrahmane ., 2016**).

➤ **PH (Potentiel hydrogène) :**

C'est une échelle logarithmique avec une plage de 0 à 14 qui traduit l'acidité ou l'alcalinité d'une solution ; le pH 7 est considéré comme neutre (**Goudjil et Bencheikeh ., 2011**).

Le pH de l'eau minéralisée est généralement légèrement alcalin, bien que le pH des eaux avec des concentrations élevées de matières organiques naturelles puisse varier considérablement (**Bechaa et al., 2022**). Voici une classification des eaux en fonction du pH :

Tableau 4 : Classification des eaux selon leur pH (Abdennour et Ait namane ., 2015).

PH	Classe	Remarque
<5	Acidité forte	Présence d'acides minéraux ou organique.
7<pH<8	Neutralité approchée	Majorité des eaux de surface.
5.5<pH<8	-	Majorité des eaux souterraines
pH>=8	Alcalinité forte	Evaporation intense

➤ **La dureté**

Cette concentration est également influencée par la rapidité avec laquelle l'oxygène est absorbé par l'environnement à travers l'activité des organismes aquatiques, ainsi que par l'oxydation et la décomposition de la matière organique dans l'eau (Abdennour et Ait namane ., 2015). La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques à l'exception de celles des métaux alcalins et de l'ion hydrogène. La plupart du temps, la durabilité est principalement causée par les ions calcium et magnésium, auxquels sont ajoutés occasionnellement des ions fer, aluminium et strontium (Bechaa et al., 2022).

➤ **L'acidité**

L'acidité d'un liquide est déterminée par la présence d'anhydride carbonique flottant libre, de composés acide-minéraux, d'acides forts et de sels de base faibles. L'acidité est attribuable à la présence du gaz carbonique provenant de la dissolution du CO₂ atmosphérique et de la respiration des êtres vivants aquatiques (Ben abdallah et Bourenane ., 2013).

➤ **Salinité**

La salinité est une propriété de l'eau de mer qui est essentielle à l'étude du milieu marin (72), Il existe de nombreuses sources de minéralisation ; Des concentrations élevées de salinité affectent la conductivité de l'électricité et de l'eau, ce qui tend à accélérer le phénomène de corrosion (71).

➤ **La matière en suspension (MES)**

Théoriquement, ce sont de très petites particules solides qui sont généralement visibles à l'œil nu et ne sont ni colloïdes ni solubles. Elles déterminent la turbidité de l'eau, entravent la pénétration de la lumière dans l'eau, empêchent la libération d'oxygène, et entravent la croissance de la vie aquatique. Ces matières sont en relation avec la turbidité, leur mesure donne une première indication sur la teneur en matière colloïdale d'origine minérale ou organique (Bara., 2016).

La mesure MES permet d'évaluer la charge de suspension solide d'une eau naturelle ou résiduelle (Bouzidi et Chelih ., 2017).

➤ **L'oxygène dissous**

Les concentrations en oxygène dissous, constituent avec les valeurs de pH, l'un des plus importants paramètres de qualité des eaux pour la vie aquatique. La majorité de l'oxygène trouvé dans les eaux de surface provient de l'atmosphère et de l'activité photosynthétique des animaux aquatiques et des plantes. La concentration en oxygène dissous varie de manière journalière et saisonnière car elle dépend de nombreux facteurs ; tels que la pression partielle en oxygène de l'atmosphère, la température de l'eau, la salinité, la pénétration de la lumière, l'agitation de l'eau et la disponibilité en nutriments. Cette concentration dépend également de la rapidité avec laquelle l'oxygène est absorbé dans l'environnement par l'activité des organismes aquatiques et par l'oxydation et la décomposition de la matière organique dans l'eau (Hamouche et Sebai., 2021).

I.4.3 Les paramètres bactériologiques :

1. Les germes aérobies revivifiables :

Selon la norme NF EN ISO 6222, les germes revivifiables, nommés également mésophiles aérobies sont toute bactérie aérobie, levure ou moisissure, capable de former des colonies dans le milieu spécifié à $22 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 68 ± 4 heures, et à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 44 ± 4 heures. Parmi les bactéries cultivées dans les conditions de la norme, on peut distinguer deux catégories différentes sur le plan de l'hygiène :

- ❖ Les micro-organismes se développant à 22°C qui sont des saprophytes présents naturellement dans l'eau ;
- ❖ Les micro-organismes se développant à 37°C, température du corps humain, qui proviennent de l'homme ou d'animaux à sang chaud. Même s'il ne s'agit pas forcément de germes pathogènes, ils peuvent montrer une contamination de l'eau analysée par des produits animaux, en particulier les matières fécales (**Abdenmour et Ait namane., 2015**).

2. Coliformes :

a. Les coliformes totaux :

Les coliformes totaux sont utilisés depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale. Le terme « coliformes totales » désigne les bactéries sous la forme de bâtonnets, d'aérobies ou d'aérobies facultatifs qui comprennent l'enzyme galactosidase qui permet au lactose d'être hydrolysée à 35°C (**Bara., 2016**). Ils se trouvent souvent dans l'environnement, comme le sol ou la végétation, ainsi que dans les intestins des mammifères, y compris les humains. Les coliformes totaux n'entraînent en général aucune maladie, mais leur présence indique que la source d'approvisionnement en eau peut être contaminée par des micro-organismes plus nuisibles (**Derouaz et Belmadi., 2018**).



Figure 4 : Les coliformes totaux

b. Les coliformes fécaux :

Ces bâtons gram négatifs, aérobiques facultatifs et non sporulant peuvent fermenter le lactose à 36 et 44 degrés tout en produisant de l'acide et du gaz, la présence de coliformes fécaux témoigne habituellement d'une contamination d'origine fécale, de nombreuses bactéries coliformes ne sont pas d'origine fécale et proviennent plutôt d'eau qui a été enrichie avec des

matières organiques, telles que les eaux usées industrielles de l'industrie de la pâte et du papier ou de la transformation alimentaire (Derragui et Laribi., 2019).



Figure 5 : Les coliformes fécaux.

c. Escherichia coli (E. Coli) :

La bactérie E. coli représente toutefois 80 à 90 % des coliformes fécaux détectés bien que la présence de ces derniers témoigne habituellement une contamination d'origine fécale.

Les Escherichia coli sont des coliformes thermotolérants ayant la capacité unique de produire de l'indole à partir du tryptophane dans l'environnement environnant à une température d'environ 42°C-2°C (Bouzidi et Chelih ., 2017).

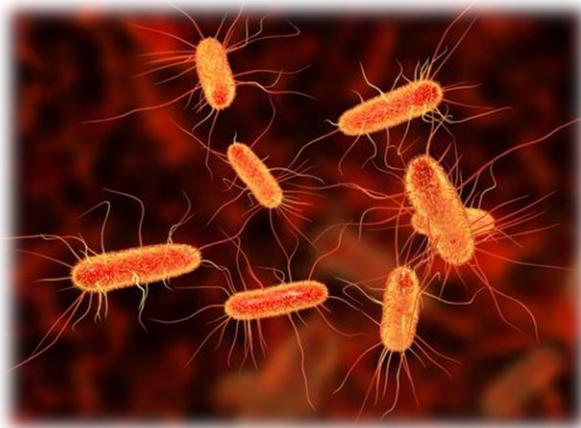


Figure 6: Escherichia coli.

3. Entérocoques (streptocoques fécaux) :

S'apparentant aux coliformes fécaux, ils sont donc des bactéries pathogènes, c'est-à-dire dangereuses pour la santé. Presque toujours reliés à la contamination fécale, les entérocoques résistent beaucoup aux substances aseptiques qui devraient empêcher leur croissance. Certains

entérocoques ont le potentiel de se développer dans les germes qui causent un certain nombre de maladies graves, y compris l'angine, l'otite, la méningite et d'autres conditions similaires (**Derrouiche et Hammidi, 2020**). Ils se trouvent le plus souvent dans les diplocoques ou les chaînes, et ils poussent le mieux à 37°C. et ils possèdent le caractère homofermentaire avec production de l'acide lactique sans gaz. Il y a 5 espèces reconnues parmi les SF : *S. bovins*, *S. équins*, *S. avium*, *S. faecalis* et *S. faecium* (**Bara., 2016**).

4. Clostridium sulfito-réducteurs :

Les clostrides sont des bacilles anaérobies stricts et sporulés. La spore est grande, parfois beaucoup plus grande que la bactérie. *Clostridium* spp sont des bactéries que l'on trouve largement dans la nature, en particulier dans le sol, les eaux usées, les tissus en décomposition et le tractus gastro-intestinal des humains et d'autres animaux. Les principales clostridies pathogènes pour l'homme sont : *C. tetani*, *C. botulinum*, *C. perfringens*, *C. difficile* (**Bechaa et al., 2022**). Ces dernières, sont des bactéries à Gram positif mesurant 4 à 6 µm de long et 1 à 2 µm de large, produisant des spores dont la plus caractéristique est *Clostridium perfringens*.

Ils font partie de la flore sulfureuse naturelle et peuvent être trouvés dans le matériel de reproduction humaine et animale. De ce fait, aucune spécificité d'origine fécale ne peut être attribuée à leur mise en évidence. L'intérêt de la recherche de tels indicateurs réside souvent dans la propriété de sporuler, ce qui les rend particulièrement résistant aux traitements de désinfection (**Bensalah et Benzitoune., 2021**).

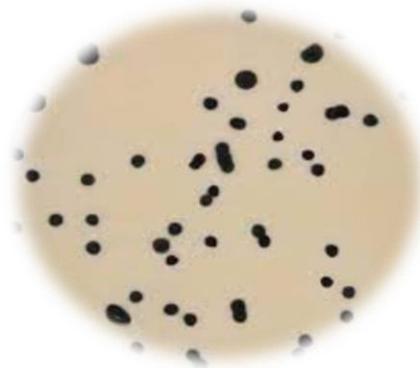


Figure 7 : Clostridium sulfite réducteurs.

I.5 Classification des polluants

a) Polluants chimiques :

La pollution chimique est définie comme la présence de substances chimiques non désirées ou dangereuses dispersées. Ce sont des corps dépourvus de vie qui peuvent être nuisibles à l'homme. L'eau contient naturellement des composés chimiques. C'est quand ils sont en excès (par rapport à une norme) ou qu'ils apparaissent là où ils ne devaient pas qu'ils causent la pollution (**Ghouli et al., 2022**).

b) Polluants radioactifs :

En raison d'un manque de ressources, ces paramètres n'ont pas fait l'objet d'une analyse. Il existe plusieurs types de rayonnements :

- Les rayons alpha ont un faible pouvoir de pénétration et sont bloqués par des couches surfacées de la peau ;
- Les rayons bêta traversent quelques centimètres de tissus ;
- Les rayons gamma sont de nature plus énergétique (**Boutheldja et al., 2016**).

c) Polluants biologiques :

L'eau contient des micro-organismes pathogènes tels que les parasites, les virus, les bactéries, les algues et le plancton. Qui sont dangereux pour la santé humaine, et limitent donc les usages que l'on peut faire de l'eau (**Kouarta et Hammidi., 2020**).

d) Polluant physique :

C'est une pollution due aux agents physiques (tout élément solide entraîné par l'eau), elle est d'origine domestique, essentiellement industrielle. On peut la répartir en trois classes : mécanique, thermique et radioactive (**Fetouhi et Bourenane., 2013**).

I.6 Les principales sources de pollution :

Il existe trois sources de pollution :

a. Pollution industrielle :

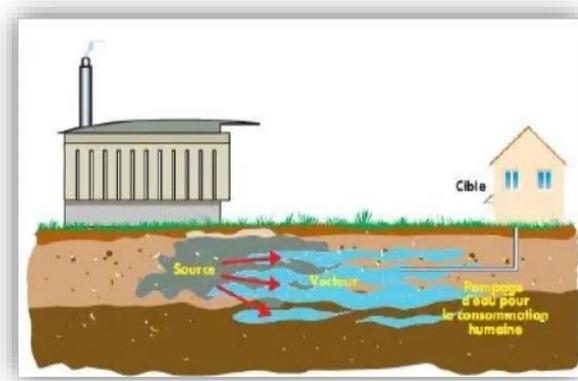


Figure 8 : La pollution produite par l'industrie (Goudjil et Bencheikeh., 2011).

Les industries qui produisent des denrées alimentaires et du papier, des épiceries, des usines textiles et des opérations de transformation des métaux sont quelques exemples de celles qui fabriquent des effluents industriels qui peuvent entraîner une pollution organique, chimique ou physique (Bouteldja et al., 2016). L'industrie est une grande consommatrice d'eau ; par conséquent, ces eaux usées seront éliminées en plein air et chargées de produits chimiques, pesticides, métaux lourds, hydrocarbures, solvants, matériaux organiques ou inorganiques, etc..., si elles ne sont pas traitées dans une station d'épuration, entraînent une pollution physique et chimique du milieu naturel (Benabda et Seridi., 2010).

b. Pollution domestique :

Ces eaux sont généralement constituées de matières organiques dégradables et de matières minérales, ces substances sont sous forme dissoute ou en suspension. Ils sont principalement composés d'une vanne d'échappement de la salle de bains, d'un égout de la cuisine et d'eaux d'égout d'aimants de salle de bain (Makaoui., 2019). Nos eaux usées sont constituées de matières organiques biodégradables, mais elles contiennent également beaucoup de bactéries nocives, de pathogènes et de produits chimiques (Derrouiche et Hammidi., 2020).



Figure 9 : pollution d'eau d'origine domestique.

c. Pollution agricole :

Les agriculteurs utilisent l'eau pour abreuver leur bétail et pour irriguer les terres. Les excréments animaux contaminent les rivières et les engrais inappropriés contaminent l'eau de surface (**Lasfar., 2016**).

Le déversement agricole de terres fertilisées contenant des engrais nitrates et phosphatés, que ce soit sous forme ionique ou en quantités qui empêchent leur absorption par le sol et leur utilisation par les plantes, entraîne un enrichissement en azote ou en phosphate des sols supérieurs, des cours d'eau et des eaux retenues (**Bounoua et al., 2017**).



Figure 10 : Pollution agricole.

Chapitre II : Description des sites de prélèvement

II.1 Description du site d'étude (Barrage Bouhamdane)

II.1.1 Présentation de la wilaya de Guelma

La wilaya de Guelma est située au Nord-Est de l'Algérie à 60 km environ de la méditerranée. Elle est limitée au Nord par la wilaya d'Annaba, au Nord-Est par la wilaya d'El Taraf, au Sud-Est par la wilaya de Souk Ahras et Oum El Bouagui, à l'Ouest par la wilaya de Constantine et au Nord-Ouest par la wilaya de Skikda, elle s'étend sur une superficie de 3686,84 Km² (Figure 11) (Aouissi et Houhamdi ., 2014).



Figure 11 : Présentation géographique de la wilaya de Guelma.

II.1.2 Description du premier site d'étude

a. Localisation du Barrage Bouhamdane

Le Barrage de Bouhamdane (également appelé Barrage de Hammam Debagh) est situé au Nord-Est de l'Algérie, dans la partie Ouest de la wilaya de Guelma, à 25 km à l'Ouest du chef-lieu. Il dépend administrativement de la daïra de Hammam Debagh et de la commune de Bouhamdane, et il est situé dans Le bassin versant de l'Oued Bouhamdane, qui fait partie du grand bassin versant de la Seybouse. Il est alimenté principalement par l'Oued Bouhamdane (Figure 12) (Bakhouch., 2020).



Figure 12 : Photo satellitaire du Barrage Bouhamdane (Google Earth 2023).

b. Localisation de la station de traitement

La station de traitement des eaux potables de Hammam Debagh est située à 1 km à l'amont de la localité du Barrage de Hammam Debagh, à environ 2 km au Nord-ouest de l'agglomération du chef-lieu de la commune et existant sur la rive droite d'Oued Bouhamdane à 40 km, elle est mise en service en 2003, leur surface est de 3 hectares, elle est située entre $36^{\circ}27'49.04''N$ et $7^{\circ}15'21.23''E$. Elévation : 296 m. La station est alimentée par le barrage Bouhamdane qui possède une capacité théorique de 220 millions de m^3 (ADE) (Bara ., 2016).

➤ Relief

La géographie de la wilaya se caractérise par un relief diversifié dont on retient essentiellement une importante couverture forestière et le passage de la Seybouse qui constitue le principal cours d'eau. Les mouvements tectoniques du plan Quaternaire ont joué un rôle important dans la morphogénèse de la région (Segouali ., 2022).

Ce relief est composé de :

- ❖ Montagnes : 37,82 % dont les principales sont :
 - Mahouna (Ben Djerrah) : 1 411 m d'altitude.
 - Houera (Ain Ben Beidha) : 1 292 m d'altitude.
 - Taya (Bouhamdane) : 1 208 m altitude.

- Dbagh (Hammam Debagh): 1 060 m d'altitude.

c. Réseau hydrographique

L'Oued Bouhamdane résulte de la jonction de deux cours d'eau importantes : L'Oued Sabbath et L'Oued Zenati, drainant respectivement une superficie de 296.09 Km² et de 592.15 Km² et dont la confluence donne naissance à L'Oued Bouhamdane (**Houmeur et Bendada., 2016**).

Notre source d'approvisionnement en eau pour le barrage d'Hammam Debagh provient des précipitations qui ont été principalement influencées par l'Oued Bouhamdane et ses affluents, qui est également un important affluent de l'Oued Seybouse (**Bouzidi et Chelihi., 2017**)

Tableau 5 : Principales caractéristiques du barrage de Hammam Debagh (ADE) (**Bouzidi et Chelihi., 2017**).

Début des travaux	October 1980
Achèvement des travaux	Décember 1987
Effluents	Oued Bouhamdane
Type	En terre avec noyau centrale
Capacité hydrique	200 h m ³ (1988) 184,347 h m ³ (2004)
Superficies du bassin versant	1070 km ²
Apport annuel moyen	69 h m ³
Profondeur maximale	93 m
Hauteur de l'eau	95 m
Envasement moyen annuel	0,53 h m ³
Sources d'approvisionnement en eau	Oued Bouhamdane et ses affluents
Longueur en crête	430 m
Largeur en crête	9 m
Volume de la digue	6500000 m ³
Largeur à la base	516 m
Longueur de couronnement	430m
Excavations	1.700.000 m ³
Coffrages	6.500.000 m ²
Remblais	130.000 m ²
Aciers	6.000 T

Béton	198.000 m ³
Forages et injections	39.0

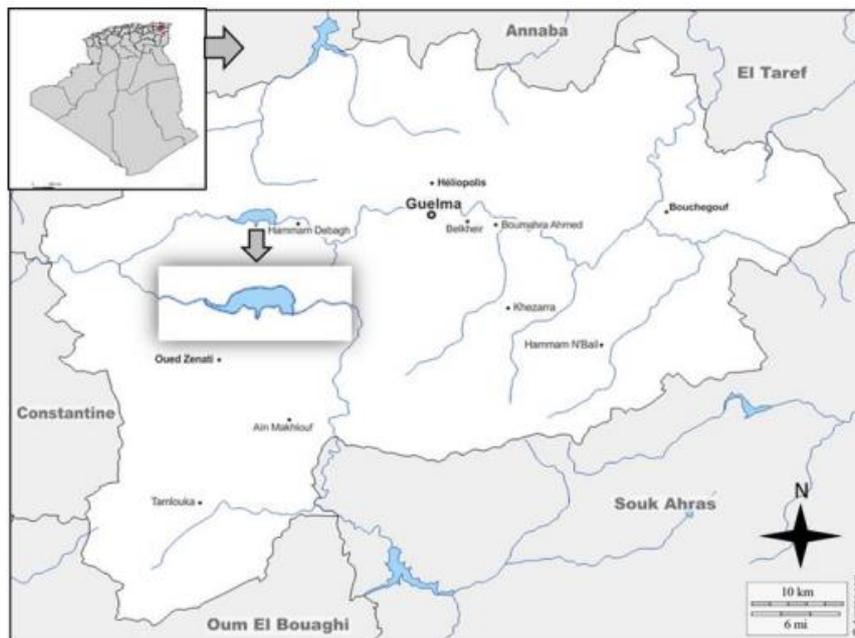


Figure 13 : Situation géographique du barrage Hammam Debagh (Chettibi et al., 2019).

II.1.3 Aperçu climatique

La wilaya de Guelma est soumise à un climat du type méditerranéen, caractérisé par deux périodes différentes, l'une pluvieuse humide, l'autre sèche avec une pluviométrie de 570 mm/an et une température moyenne annuelle d'ordre de 18°C (Segouali ., 2022).

Le territoire de la wilaya se caractérise par un climat subhumide au centre et au Nord et semi-aride vers le Sud (**Figure 14**).

Ce climat est doux et pluvieux en hiver et chaud en été, quant à la pluviométrie, on enregistre :

- 654 mm/an à la station de Guelma.
- 627 mm/an à la station d'Ain Larbi.
- 526 mm/an à la station de Medjez Amar.

Cette pluviométrie varie de 400 à 500 mm/an au Sud jusqu'à près de 1000 mm/an au Nord. Près de 57 % de cette pluviométrie est enregistrée pendant la saison humide (Octobre à Mai). La

zone d'étude y est marquée par un réseau hydrographique constitué par l'Oued principal Seybouse qui parcourt la plaine, présentant l'axe de drainage d'un bassin versant de 6471 km² (Segouali ., 2022).

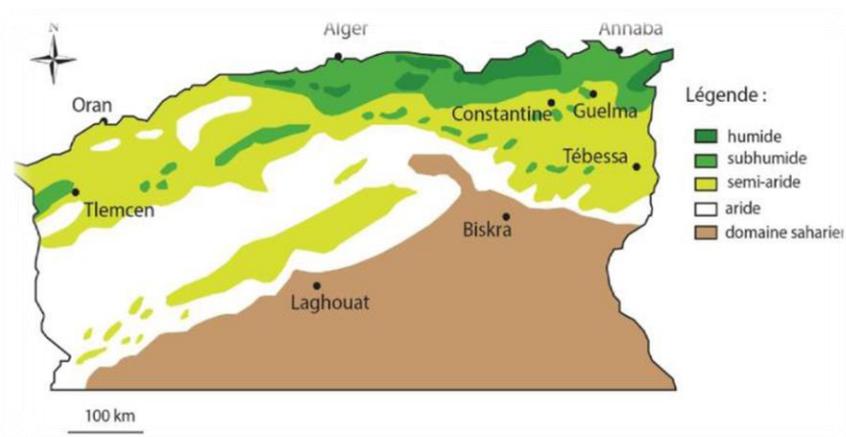


Figure 14 : Carte bioclimatique du nord de l'Algérie (Segouali., 2022).

a) La pluviométrie

Les précipitations sont un facteur important dans le conditionnement de l'écoulement saisonnier et par conséquent le régime des cours d'eau ainsi que celui des nappes aquifères. C'est un des éléments fondamentaux du bilan hydrique (Sehailia et Noureddine., 2014).

b) La température

La température est un facteur écologique de première importance qui a une grande influence sur les propriétés physico-chimiques des écosystèmes aquatiques. Nous avons des données sur les températures moyennes mensuelles enregistrées à la gare de Guelma entre 1985 et 2009 (Boukermi et Hamdellou., 2018).

Tableau 6 : Température moyennes mensuelles en° C (2007-2016) (**Bouzi et Chelhi., 2017**).

Station	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév.	Mar	Avr.	Mai	Juin	Juil	Aout
Guelma	23,65	20,09	14,78	11,12	10,19	10,39	12,27	15,55	19,00	23,59	27,35	27,16

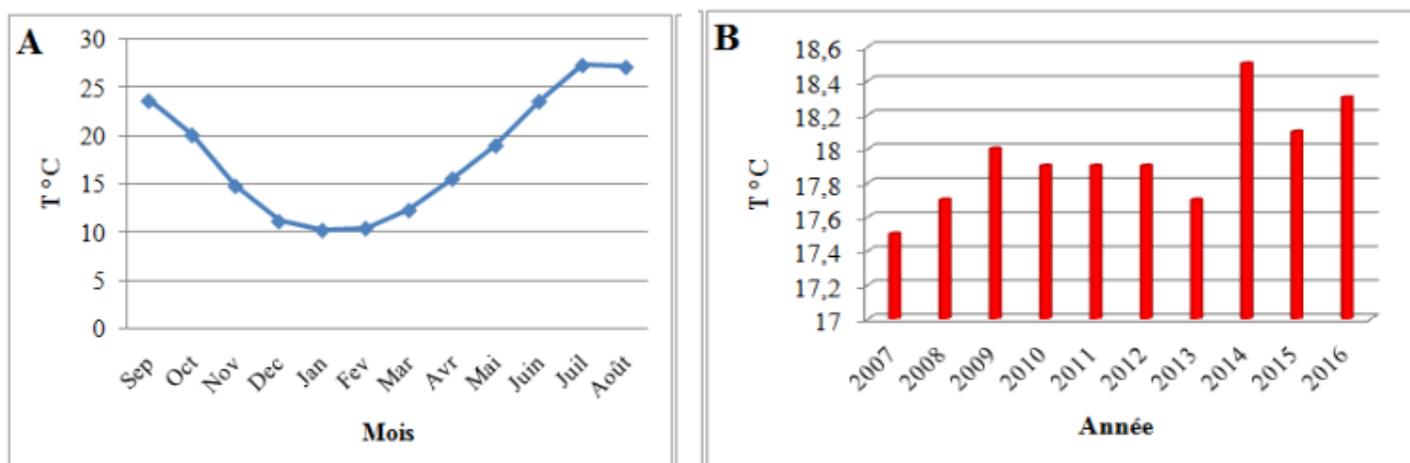


Figure 15 : Variation de la température : Guelma (2007-2016).

A : moyenne mensuelle, **B** : interannuelle

II.1.4 Le cadre biotique

La région de Guelma recèle des écosystèmes différents (Forêt, Oueds, Couvert végétal...), on y trouve une biodiversité significative (**Segouali W, 2022**).

a) La faune

On observe la présence d'un troupeau d'oiseaux : la cigogne blanche (*Ciconiacconia*), le canard colvert (*Anas platyrhynchos*), la poule d'eau (*Gallinulachloropus*), le héron garde bœufs (*Bubulcus ibis*), l'épervier (*Accipiternisus*), le pigeon (*Columbaoenas*), le corbeau (*Curvuscorax*), la perdrix (*Alectoris barbara*) et enfin, le merle de rocher (*Monti colas asaxactilis*). On rencontre également la carpe argentée (*Hypophthalmichtysmolitrix*), la carpe à grande bouche (*Aristichthysnobilis*), la carpe commune (*Cyprinusecarpio*), la carpe herbivore (*Ctenopharyngodonidella*), sandre (*Stizostedionlucioperca*), le barbeau (*Barbus*), l'anguille Européenne (*Anguilla aguilla*), l'ablette (*Alburnus alburnus*), les crabes (*Carcinus maenas*), les tortues aquatiques (*Emydura subglobosa*). Les reptiles tels que la couleuvre (*Natrixtessellata*), la vipère (*Viperaursini*), le lézard (*Lacertalepida*) (**Chettibi et al., 2019**).

b) La flore

On rencontre le pin d'Alep (*Pinus halepensis*), le Pin maritime (*Pinus maritima*), L'eucalyptus (*Eucalyptus australis*), l'Oléastre (*Olea europaea*), le chêne-liège (*Quercus suber*), le chêne zen (*Quercus faginea*), le frêne oxyphylle (*Fraxinus oxyphylla*). Et enfin le Peuplier blanc (*Populus nigra*) (**Hedahdia et Aliouche., 2016**).

II.2 Description du site d'étude (Barrage Zit-Emba)

II.2.1 Présentation de la wilaya de SKIKDA :

La wilaya de Skikda est située dans la partie nord-est du pays. Elle s'étend sur une superficie de 4 118 km² et est limitée :

- ❖ Au Nord, par la mer Méditerranée.
- ❖ À l'est, par la wilaya d'Annaba.
- ❖ Au sud, par les wilayas de Constantine et Guelma.
- ❖ À l'ouest, par la wilaya de Jijel (**Fig 16**).



Figure 16 : Carte des limites de la wilaya de Skikda.

II.2.2 Présentation du deuxième site d'étude

La région d'étude est située au Nord Est algérien dans la commune de Bekkouche-Lakhdar wilaya de Skikda. Ce dernier est situé dans la partie la plus orientale de l'Algérie. Il est limité à

- Au Nord par la mer Méditerranée.
- Au Sud par la wilaya de Constantine.
- À l'Est par la wilaya d'Annaba.
- À l'Ouest par la wilaya de Jijel (**Hedahdia et Aliouche., 2016**).



Figure 17 : Photo satellitaire du Barrage Zit-Emba (Google Earth 2023).

Le Barrage de Zit -Emba situé sur l'Oued Hammam dans la partie Nord-est de l'Algérie à 2 km de la localité de Bekkouch Lakhdar dans la wilaya de Skikda. La partie aval de la cuvette de la retenue se trouve dans la wilaya de Skikda, les parties centrales et amont sont dans la wilaya de Guelma (Figure 18) (Harrat et Achour., 2011).

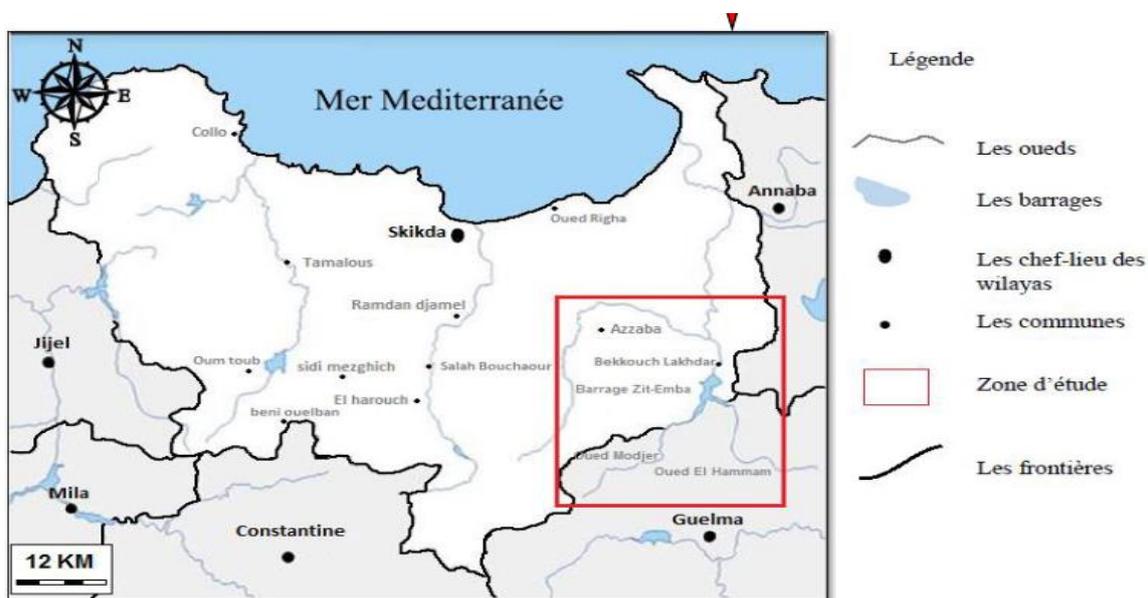


Figure 18 : Carte de situation géographique du bassin versant du barrage ZIT-EMBA (Berghida et Rouana., 2021).

1) Cadre géologique

La chaîne numidique, segment des Maghrébines appartient à l'orogène alpin périméditerranéen. Sur la coupe sont représentés trois domaines paléogéographiques initialement éloignés et où se trouvent actuellement superposés par rapprochement des plaques Eurasiennes au nord et africaine au sud. Cette convergence nord-sud est responsable de la construction de la chaîne alpine d'Afrique du Nord.

Les domaines représentés vont du nord au sud : le domaine kabyle représenté uniquement par la couverture sédimentaire, le domaine des flyschs fortement écrasé, domaine tellien chevauché par les deux domaines précédemment cités a engendré plusieurs nappes superposées dont l'autochtonie s'estompe relativement en allant du Nord vers le sud. **(Figure 23) (Berghida et Rouana ., 2021).**

Du Nord au Sud et de haut en bas, on distingue : la nappe numidienne. La nappe du flysch du type Guerrouch : flysch mauritanien. La nappe de la dorsale kabyle. La nappe du flysch de Penthivière = flysch mauritanien. La nappe du flysch à micro-brèches sénoniennes = flysch marsilien. La nappe pithécienne. Les formations de la plate-forme néritique constantinoise **(Soufane et Laredj., 2017).**

➤ Relief

La région fait partie de l'Atlas tellien. Le relief est constitué de plaines et de vallées fertiles irriguées par des cours d'eau, de collines à pentes régulières, de montagnes (Djebel Elgrar 1078 m, Djebel Bouaslouge 879 m etc.) et d'Oueds. Les principaux Oueds sont Oued El Hammam et Emchekel affluents de l'Oued kebir **(Lemzadmi et Saidi., 2017).**

➤ Sol

La commune de Bekkouche Lakhdar a en général un sol de texture argilo-limoneuse **(Lemzadmi et Saidi., 2017).**

2) Etude climatique

Les conditions climatiques de la zone d'étude sont déterminées par situation géographique, caractéristiques de la circulation de l'air, mer et terrain environnant **(Belmars ., 2015).** La caractéristique des facteurs déterminants le climat, est basée sur les données des stations météorologie : Skikda, Zerdeza, Azzaba, Zit-Emba et Bouati Mahmoud.

a) La température

La température est un facteur régissant le phénomène d'évaporation et donc le déficit d'écoulement annuel et saisonnier. Sur une période s'étalant de 1997 à 2012, nous constatons qu'à l'échelle mensuelle, le mois le plus froid à Skikda est le mois de février avec une température de 13,02°C et le mois le plus chaud est le mois d'août avec une température de 27,21°C (Boutheldja et al., 2016).

Tableau 7 : Températures moyennes mensuelles en °C (1997-2012).

Station	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Skikda	13,16	13,2	15,51	17,74	20,58	25,25	26,08	27,21	23,94	21,73	16,76	14,06

b) Les précipitations

En tant que facteur important dans les caractéristiques climatiques d'une région, les précipitations jouent un rôle important dans le comportement hydraulique des bassins versants. Les mesures de celles-ci permettent d'évaluer la quantité d'eau tombée et surtout d'estimer la quantité destinée aux écoulements (Soufane et Laredj., 2017).

D'après les données de la station météorologique de Skikda concernant la période 1997-2012, le mois le plus pluvieux est le mois de décembre avec un taux de précipitation de 123,84 mm alors que juillet représente le mois le plus sec des précipitations atteignant les 13,61 mm (Boutheldja et al., 2016) (Tab 8. Fig.19).

Tableau 8 : Précipitations moyennes mensuelles en mm (1997-2012).

Station	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Skikda	120	106	68,43	54,76	45,98	13,74	13,6	16,53	73,9	63,7	94	123

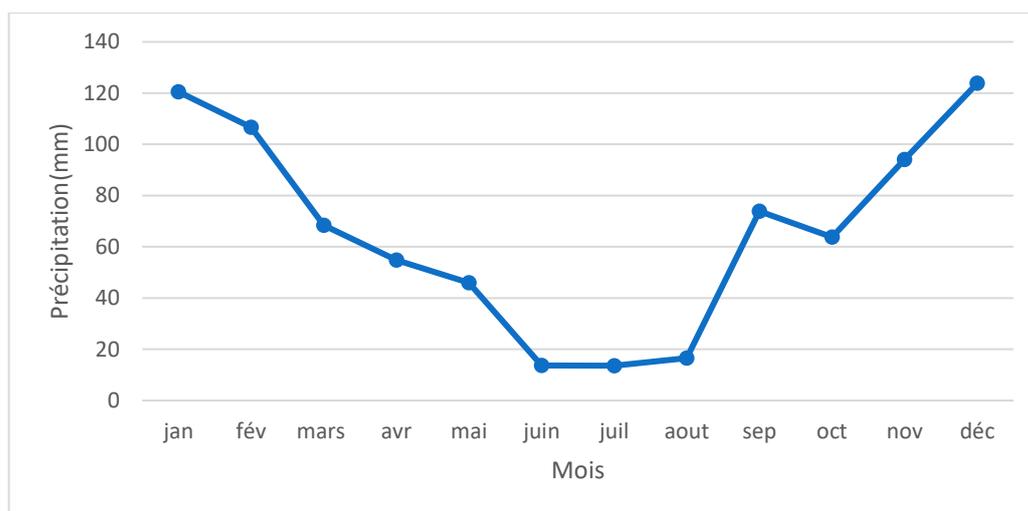


Figure 19 : Variation des précipitations moyennes mensuelles : station de Skikda (1997-2012).

c) L'humidité relative

L'humidité relative appelée aussi le degré hygrométrique est une propriété quantification de l'humidité de l'air, mesure du pourcentage de pression partielle vapeur d'eau contenue dans l'air à la pression de vapeur d'eau saturante, si présente saturée à la même température (**Mostarih., 2006**).

d) Le vent

Le vent est un facteur important du climat, il influe sur la température, l'humidité et l'évaporation (**Lemzadmi et Saidi., 2017**). La région de Skikda est très exposée aux vents. La vitesse maximale de celles qui soufflent sur cette région est enregistrée durant le mois de décembre avec une valeur de 20,1 m/s. La valeur moyenne minimale est enregistrée au mois de juillet avec 2,83 m/s (**Mostarih., 2006**).

Chapitre III : Matériel et Méthodes

III.1 Matériel et produits

On a utilisé différents milieux de culture quel que :

- ✓ Etuve
- ✓ Autoclave
- ✓ Bain- marie
- ✓ Notre échantillon : l'eau de barrage zit –Emba et barrage Bouhamdane
- ✓ Tube à essai
- ✓ Flacon
- ✓ Bec bunsène
- ✓ Boite pétrie
- ✓ Agitateur

III.2 Méthodes de prélèvement

III.2.1 Prélèvement de l'eau et choix des stations

Pour suivre l'évolution bactérienne des eaux de barrage, nous avons choisi deux stations de prélèvement (B1 : Barrage Bouhamdane et B2 : Barrage Zit-Emba).



Figure 20 : Barrage Bouhamdane et les points de prélèvement (Prise par Belhassab Nouhed).



Figure 21 : Barrage Zit-Emba (Skikda).

Les prélèvements sont étalés sur une période de deux mois entre février et mars, et la fréquence de la collecte d'échantillons au niveau de la station était une fois par mois.

Deux stations ont été choisies :

Station (1) : L'eau du barrage BOUHAMDANE GUELMA.

Station (2) : L'eau du barrage ZIT-EMBA SKIKDA

En a fait 2 prélèvements durant 2 mois (février, mars) au niveau des deux eaux de barrages, les deux prélèvements a effectué sur le bord gauche du barrage (B1 et B2), qui sera illustré dans le tableau (9).

Tableau 9 : Présentation des lieux et période de prélèvement.

Stations	Date de prélèvement	Heur de prélèvement	Caractéristiques
Station 1 : Barrage de BOUHAMDANE	Prélèvement 1 : 20/02/2023	8h :00	Sur le bord gauche du barrage. « Village de Hammam debagh »
	Prélèvement 2 : 09/03/2023	10h : 13	

Station 2 : Barrage de ZIT- EMBA	Prélèvement 1 :	8h :30	Sur le bord du barrage.
	18/02/2023		
	Prélèvement 2 :		« Village de Bakouche Lakhdar »
	10/03/2023	11h :00	

Le mode de prélèvement varie suivant l'origine de l'eau de barrage, durant les prélèvements, les flacons sont rincés trois fois avec de l'eau à analyser, puis remplis jusqu'au bord. Le bouchon est positionné de telle sorte qu'il n'y ait pas de bulle d'air et que ce ne sera pas éjecté pendant le transport. Les prélèvements s'effectuent dans les meilleures conditions de stérilisation (Utilisation de bouteilles de verre stériles) (Djedadoua., 2017).

III.2.2 Transport et conservation

Les analyses microbiologiques doivent être commencées moins de 6 heures après le prélèvement, le transport doit se faire obligatoirement en glacière à une température inférieure à 4°C. Enfin, les échantillons sont refroidis dès qu'ils arrivent au laboratoire avant le début des analyses (Djedadoua., 2017).

Pendant le transport, il faut éviter surtout la destruction de l'échantillon, ou inversement la surcroissance de micro-organismes à l'intérieur de l'échantillon. Ceci peut être obtenu en mettant l'échantillon à l'abri de la lumière visible ainsi que dans des températures ambiantes (Hocine et al., 2022).

III.3 Les analyses microbiologiques :

Le but de l'analyse microbienne est de démontrer la présence ou l'absence de bactéries ou d'autres micro-organismes susceptibles d'affecter les propriétés des eaux organiques.

III.3.1 Recherche et dénombrement des germes revivifiables :

Afin d'identifier les bactéries qui poussent dans des conditions de culture typique et qui correspondent à la concentration moyenne de bactéries dans une ressource naturelle, il est nécessaire de rechercher des micro-organismes aérobiologiques non pathogènes connus sous le nom de « revivifiables » (Boutebba et al., 2022).

La recherche et le dénombrement des germes totaux dans les eaux se réalisent à deux températures différentes afin de cibler à la fois les micro-organismes à tendance psychrophiles soit à 22°C et ceux mésophiles soit 37°C l'ensemble des micro-organismes capables de se multiplier en aérobiose à des températures (**Belli et al., 2020**).

▪ **Mode opératoire :**

- À partir de l'eau à analyser (solution mère), porter aseptiquement 1 ml dans le fond de deux boîtes de pétris vides ;
- Compléter ensuite avec environ 15 à 20 ml de gélose TGEA fondue, maintenue à 45°C ;
- Agitez lentement en utilisant un mouvement circulaire sous la forme d'un "8" pour assurer un mélange homogène de l'eau et de la gélose sans créer de bulles d'air ou déplacer les bords du récipient ;
- Le milieu doit être coulé 10 minutes au plus tard après reproduction de l'eau à analyser, laisser solidifier sur la paillasse d'environ 5 ml de la même gélose pour éviter toute contamination ;
- Retourner les boîtes et incuber le premier à 37°C pendant 48 h et le second à 22°C pendant 72 h (**Hallaci et Mahboubi., 2019**).

▪ **Lecture**

Les bactéries régénératrices étaient présentes dans les deux cas sous forme de colonies de lentilles en croissance.

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

▪ **Dénombrement**

Les boîtes contenant des colonies qui apparaissent en masse sous formes lenticulaires et bien distinctes et aussi celles qui contiennent un nombre des colonies entre 30 et 300 (**Zeraoula., 2012**).

Les résultats sont exprimés en nombre de micro-organismes revivifiables par ml d'eau à analyser à 22°C et 37°C.

Déterminer la valeur du nombre N, de microorganismes revivifiables à $22 \pm 2^\circ\text{C}$ à part et celle du nombre N de microorganismes revivifiables à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ à part, en tant que moyenne pondérée, Utiliser l'équation suivante (Boutheldja et al., 2016) :

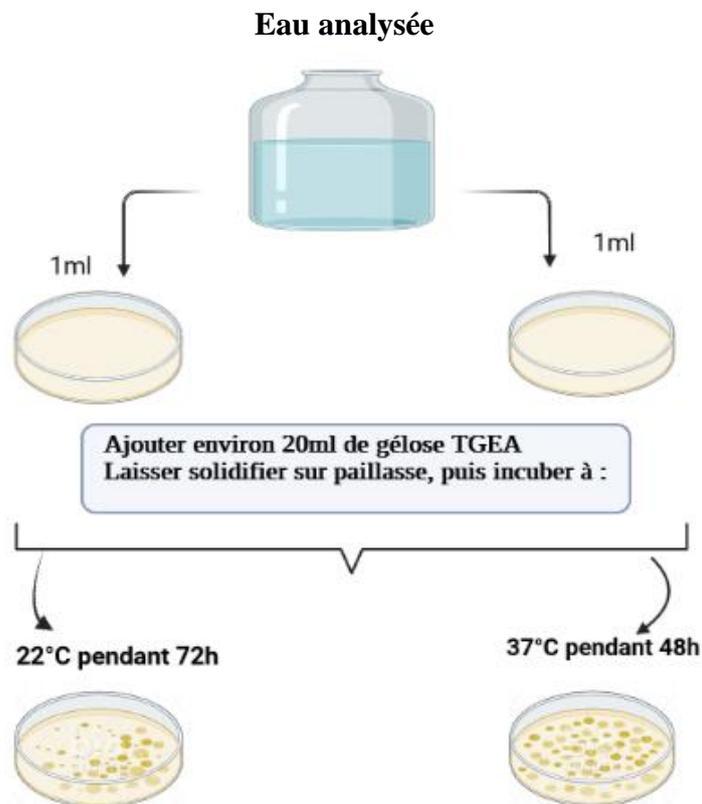
$$N = \frac{\Sigma c}{1.1x d}$$

Où _____

Σc : est la somme des colonies dénombrées sur deux boîtes de dilutions successives retenues.

d : est le taux de dilution correspondant à la première dilution.

Le résultat final de microorganismes est noté par un nombre compris entre 1.0 et 9.9 multipliés par 10^x où X est la puissance appropriée de 10 (Zeraoula ., 2012).



Created in BioRender.com

Figure 22 : Protocole de recherche et dénombrement des microorganismes revivifiables a 22°C et 37°C dans les eaux (Personnelle).

III.3.2 Recherche et dénombrement des coliformes en milieux liquides (méthode de NPP)

III.3.2.1 Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux E. coli :

Les coliformes totaux Sont des bacilles à Gram négatif, aérobies ou anaérobies facultatifs, non sporulés, ne possédant pas d'oxydase, capable de croître en présence de sels biliaires et de fermenter le lactose tout en produisant des acides et des gaz en 24 à 48 heures à une température comprise entre 36 et 37°C (Attalah et Ghennai., 2017).

Coliformes fécaux ce sont des bâtonnets Gram (-), aérobies et facultativement anaérobies ; non sporulant, capables de fermenter le lactose avec production de l'acide et de gaz à 36 et 44°C en moins de 24 heures.

Ceux qui produisent de l'indole dans l'eau peptone contenant du tryptophane à 44°C, sont souvent désignés sous le nom d'escherichia Coli bien que le groupe comporte plusieurs souches différentes (Mokdadi et Messai., 2015).

- **Mode opératoire**

La recherche et le dénombrement des coliformes totaux et fécaux et l'identification de E. Coli dans les eaux sont effectués par la volumétrie qui se fait en deux étapes consécutives.

- ✓ Un test présomptif : réservé à la recherche des coliformes dans le milieu BCPL.
- ✓ Un test confirmatif : appelé test de Mac Kenzie est réservé à la recherche des coliformes thermotolérants et d'escherichia Coli dans le milieu Schubert (Hadjadj et Bouabid., 2022).

- **Test présomptif :**

On travaille avec une série de 3 tubes :

- 3 tubes de BCPL D/C+ cloche de Durham, enseignés avec 10 ml de l'échantillon.
- 3 tubes de BCPL S/C+ cloche de Durham, enseignés avec 1 ml de l'échantillon.
- 3 tubes de BCPL S/C+ cloche de Durham, enseignés avec 0.1 ml de l'échantillon.

Les tubes inoculés sont homogénéisés par agitation douce pour ne pas faire pénétrer d'air dans la cloche (Boutebba Ch et al., 2022). Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloches et bien mélanger le milieu, l'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures, seront considérés comme positifs + ; les tubes présentant à la fois :

- ✓ Un dégagement du gaz
- ✓ Un trouble microbien

✓ Un virage du milieu au jaune

- **Lecture**

La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table de Mac Grady NPP. Le nombre de coliformes totaux est à 1 ml d'eau analysée.

- ❖ **Test de confirmation**

À partir de chaque tube de bouillon lactosé au pourpre bromocrésol (BCPL) positif. Confirmer en ensemencant sur le milieu de Schubert avec cloche de Durham, et les incubent à 44°C pendant 24 h.

On ajoute quelques gouttes de réactif Kovacs dans les tubes montrant un trouble. Une réaction considérée positive correspond à la formation d'anneau rouge (**Belaid et Redjimi., 2013**).

- **Lecture**

Seront considérés comme positifs (+) les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement du gaz (supérieur aux 1/10 de la hauteur de la cloche). Un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *Escherichia coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs.
- La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table de Mac Grady pour déterminer le NPP d'*Escherichia coli* pour 100 ml d'eau (**Rejsek., 2002**) (**Fig.23**).

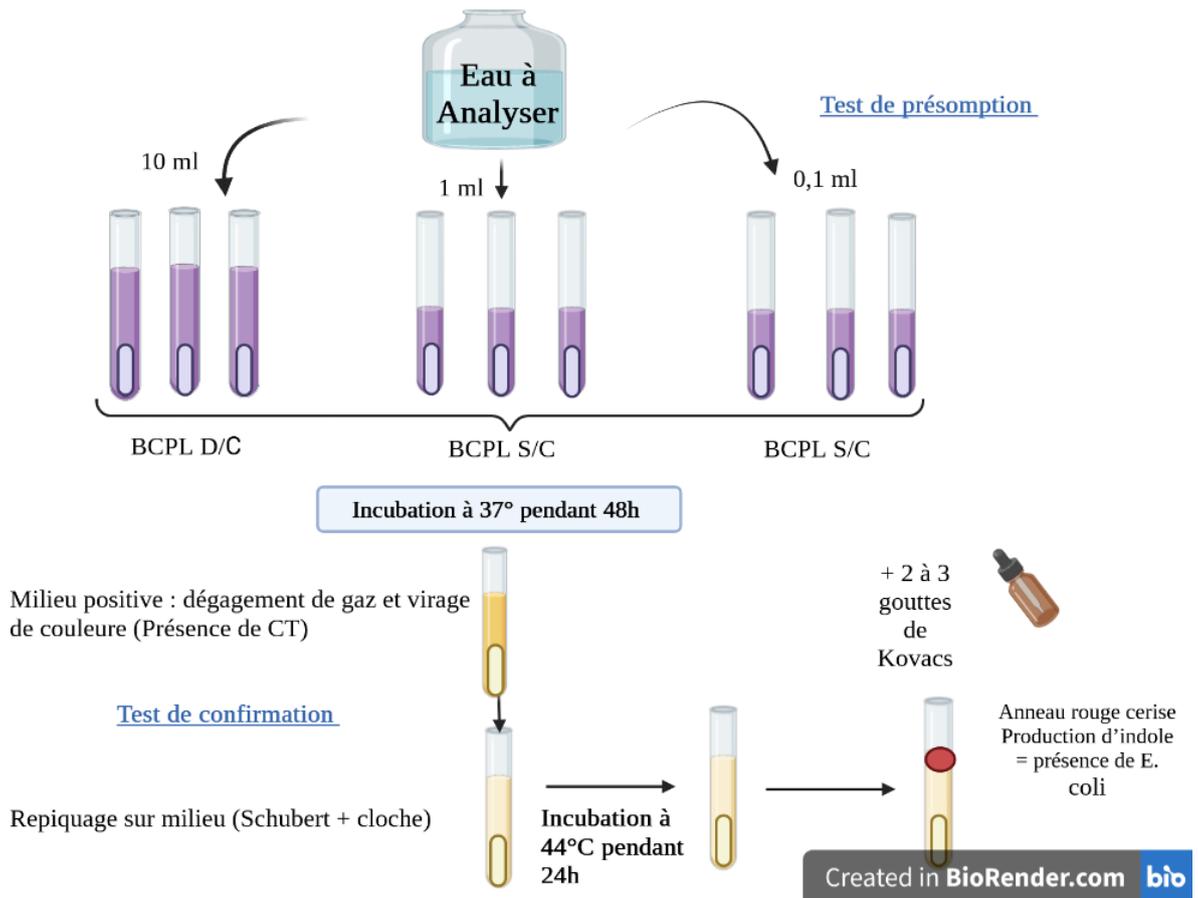


Figure 23 : Protocole de recherche et dénombrement des coliformes (**Personnelle**).

III.3.2.2 Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

Les streptocoques se caractérisent par leur morphologie (coques en chaînes), présentent sous forme de Cocci à Gram +, sphériques à ovoïdes formant des chainettes, ne possédant pas de catalase mais possédant l'antigène du groupe D, et un métabolisme anaérobie. Ils sont généralement pris comme des témoins de pollution fécale (**Hadjadj et Bouabid ., 2022**).

❖ Test présomptif.

À partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement

- 3 tubes milieu rouge D/C avec 10 ml de l'échantillon.
- 3 tubes Rothe S/C avec 1 ml de l'échantillon.
- 3 tubes Rothe S/C avec 0.1 ml de l'échantillon.
- Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures (**Nouadria et al., 2022**).

- **Lecture**

Les tubes présentant un trouble microbien seront susceptibles de contenir des streptocoques fécaux, doivent subir un test de confirmatif.

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

- ❖ **Test confirmatif**

À partir des tubes de Rothe positifs, on effectue une subculture sur milieu EVA Litsky à 37°C pendant 24 h. Le milieu d'Eva-Litsky n'est qu'un milieu de Rothe additionné d'éthyle-violet. La présence de streptocoques se traduit par un trouble plus ou moins important et la formation d'une pastille violette (blanchâtre) au fond du tube (**Bara., 2016**) (**Fig.24**).

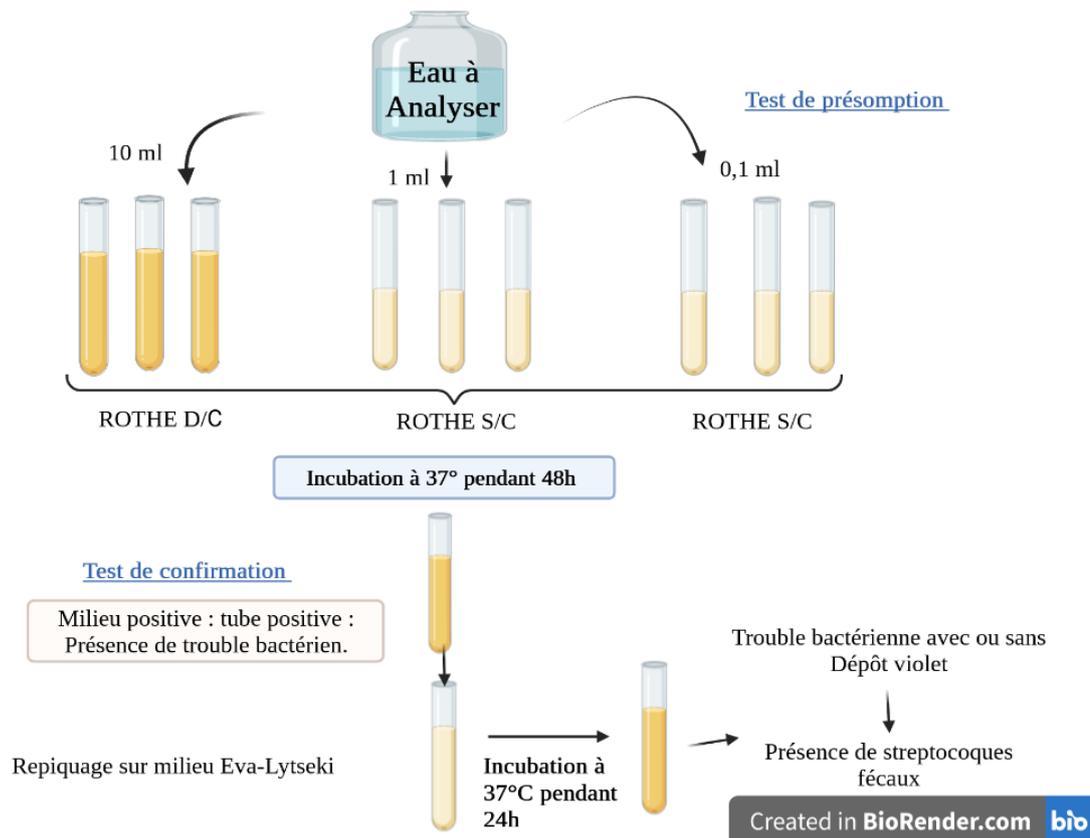


Figure 24 : Protocole de recherche et dénombrement des Streptocoque fécaux (**Personnelle**).

III.3.2.3 Recherche et dénombrement des bactéries anaérobies sulfito-réductrices (ASR)

Les anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) se présentent sous forme de bactéries Gram+, se développant en 24 à 48 heures sur une gélose viande de foie (VF) en donnant des colonies typiques réduisant le sulfite de sodium (Na_2SO_3) qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de Fe_2+ donne FeS (sulfure de fer) de couleur noire. Les spores des ASR constituent généralement des indices de contamination ancienne (**Boutheldja et al., 2016**).

❖ Mode opératoire.

À partir de l'eau à analyser :

- Introduire environ 25 ml dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un bain d'eau à 80°C pendant 10 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des bactéries présentes.
- Après chauffage, refroidir immédiatement le tube sous l'eau du robinet.
- Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5 ml par tube.
- Ajouter environ 18 à 20 ml de gélose viande de foie, fondue puis refroidie à $47 \pm 1^\circ\text{C}$, additionnée de leurs additifs d'une quantité de 0,5 ml de la solution de sulfite de sodium et 4 gouttes de la solution d'alcalin de fer.
- Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant d'introduire des bulles d'air et de l'oxygène. Puis on rajoute l'huile de paraffine pour créer des conditions d'anaérobiose.
- Laisser solidifier sur la paillasse pendant 30 minutes environ, puis incuber à $36 \pm 2^\circ\text{C}$, pendant 24 à 48 h (**Boucherit et Hakimi., 2016**) (**Fig.25**).

❖ Lecture

Considérer comme résultat d'une spore de bactérie (ASR) toute colonie noire entourée d'un halo noir (**Zeraoula A, 2012**). La première lecture doit absolument être faite à 16 heures car très souvent les spores des bactéries des ASR seront envahissantes le tube devient complètement noir rendant ainsi l'interprétation difficile voire impossible, la deuxième lecture se fera à 24 heures et la troisième et la dernière à 44 heures. Il est donc impératif de repérer et de dénombrer rapidement toutes les colonies noires, ayant poussée en masse, en excluant d'emblée les colonies qui seraient développées en zones aérobie-anaérobiose, soit jusqu'à 1 cm en dessous de niveau de la gélose.

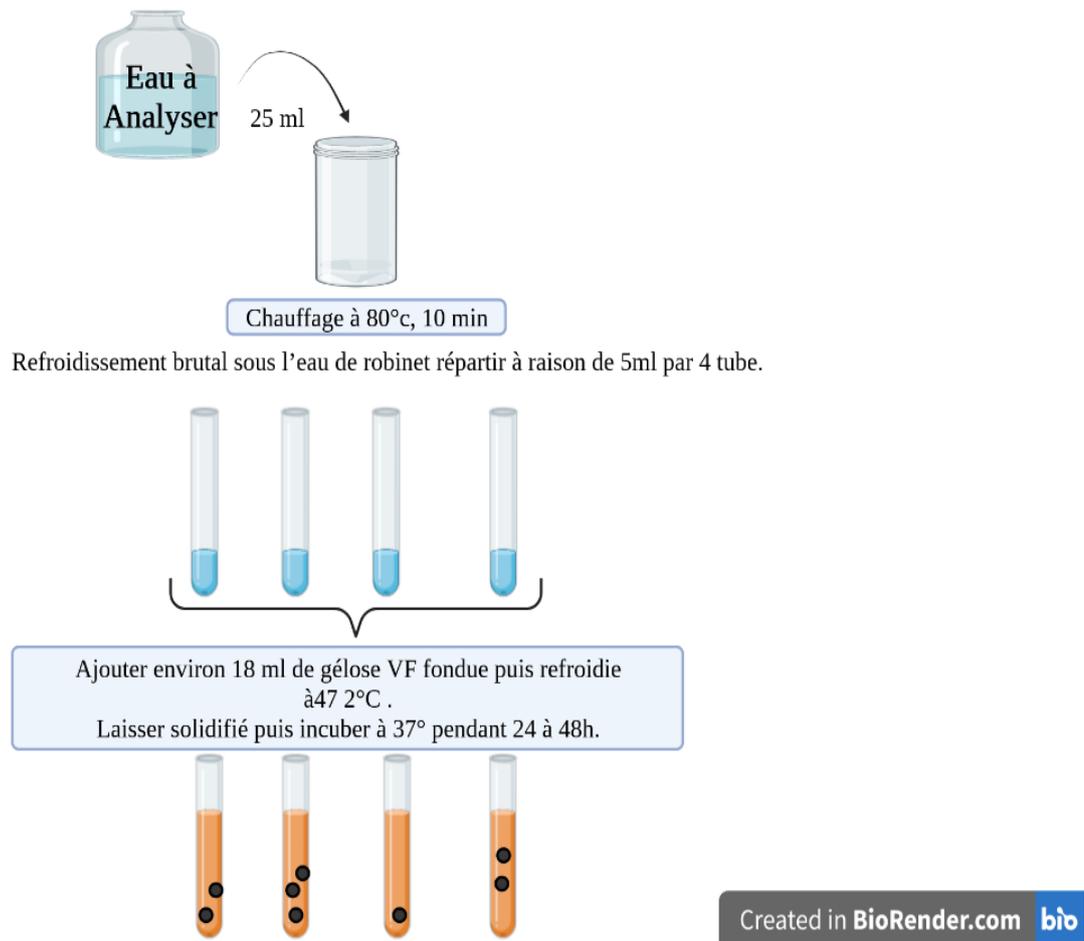


Figure 25 : Protocole de recherche et dénombrement des anaérobies sulfite réducteur (Personnelle).

III.3.3 Recherche des germes pathogènes

Il existe des bactéries pathogènes pour l'homme dans tous les types d'eaux. Celles-ci vivent dans l'environnement, soit provenant des rejets humains, éliminées par des sujets malades ou des porteurs sains, soit étant autochtones et pouvant s'adapter à l'homme (Nouadria *et al.*, 2022). Les germes recherchés sont choisis, dans les limites des moyens disponibles. Les germes recherchés sont Salmonella, Vibrio, Staphylocoques pathogènes et Pseudomonas (Bara Y, 2016).

Les milieux utilisés sont : Mac Conkey, Hektoen, milieu Salmonella-Shigella (SS), Chapman, GNAB, Citrimide, King A, et King B.

L'inocule a été appliqué directement à partir de l'eau d'échantillon, placé sur le bord de la gélose, puis réparti uniformément par des bandes sur toute la surface du plat de pétri. Les boîtes sont codées puis incubées à 37°C pendant 24-48 heures (**Boutheldja et al., 2016**).

III.3.3.1 Recherche des salmonelles

En trois étapes consécutives, une méthodologie qualitative est utilisée pour rechercher les salmonelles : le pré-enrichissement, l'isolement, et l'identification biochimique.

Les salmonelles sont des bacilles Gram négatifs (BGN), anaérobies facultatives, mobiles pour la plupart avec des flagelles péries triches, ne fermentant pas le lactose, mais fermentant le glucose avec production de gaz et de H₂S. Se développent à une température de 37 à 48 heures sur milieu Hektoen, formant ainsi de petites colonies lisses à contours réguliers. Pigmentées en vert à centre noir. Les salmonelles se divisent en deux grands groupes : les mineures et les majeures qui sont hautement pathogènes (**Djamaa et Bouklab., 2022**).

➤ Mode opératoire

Etape 1 : Effectuer un enrichissement dans des tubes contenant 9 ml de milieu SFB, Ajouter 1 ml d'eau à analyser (S1, S2...) et incubé à 37°C pendant 24 heures.

Etape 2 : L'ensemencement se fait par des stries avec une anse de platine après avoir coulé la Gélose Salmonella-Shigella (S-S) et la gélose hektoen dans les boites de pétris, Incuber à 37°C pendant 24 heures.

Etape 3 : Après l'incubation, une lecture s'effectuera sur les boites contenant la gélose Hektoen, sachant que les salmonelles se présentent sous forme de colonies moyennes de Couleur verte généralement à centre noir (**Hocine et al., 2022**).

➤ Identification par les deux tests : catalase et oxydase une identification biochimique (API 20 E).

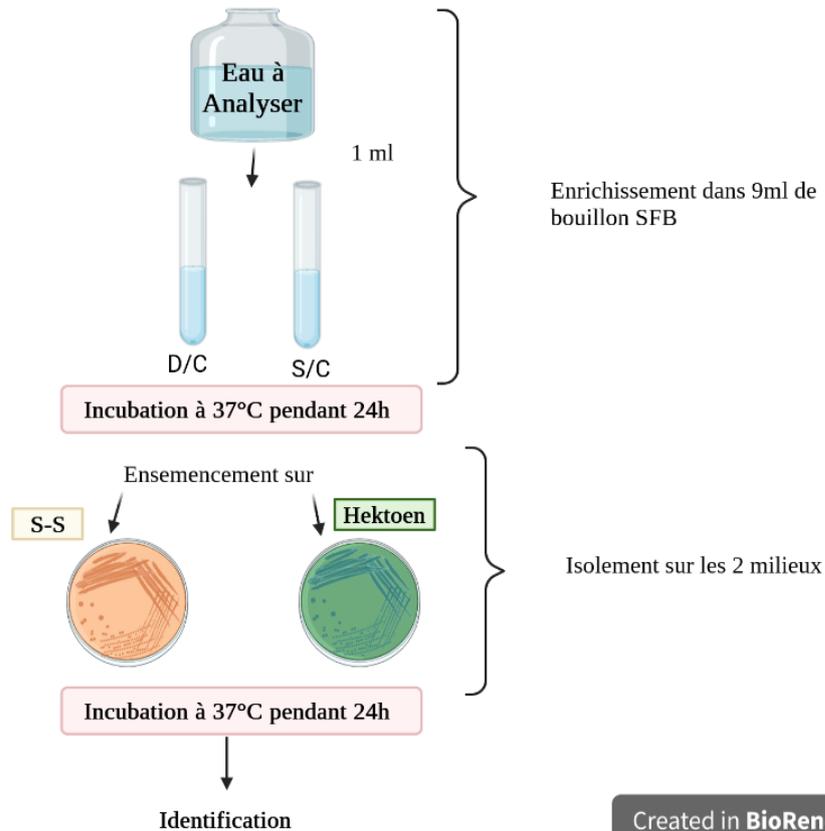


Figure 26 : Protocole de recherche des Salmonella (Personnelle).

III.3.3.2 Recherche des staphylocoques

Les staphylocoques ont des cocci à Gram positif, immobiles, non sporulés, et aérobies ou anaérobies facultatifs, très répandus dans la nature (air, eau, sol) et vivent souvent à l'état commensal sur la peau et les muqueuses des organismes humains et animaux et vivent. Le genre *Staphylococcus* est constitué de plusieurs espèces dont *Staphylococcus aureus* ; *Staphylococcus épidermoïdes* et *Staphylococcus saprophyticus* (Hadji et Boucceredj., 2020).

❖ Mode opératoire

Le milieu Chapman permet l'isolement sélectif de *Staphylococcus* sur la base d'une tolérance à une forte teneur en Na Cl, et la différenciation de l'espèce *Staphylococcus aureus* par la mise en évidence de la dégradation du mannitol et l'élaboration fréquente d'un pigment (Hadji et Boucceredj., 2020).

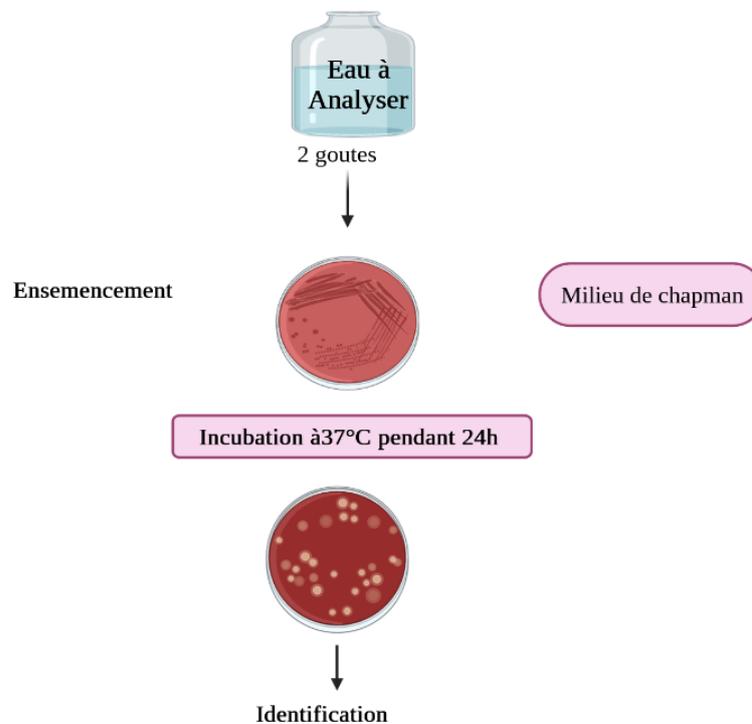
❖ Isolement :

À partir de la solution mère et à l'aide d'une anse de platine stérile, porte 2 goutte de l'eau et ensemencer sur une boîte de milieu Chapman. Incuber à 37°C pendant 24 h (Hocine et al., 2022).

❖ Lecture

Les colonies de *Staphylococcus aureus* s'entourent d'un halo jaune dû à l'attaque du mannitol. Le milieu de Chapman permet seulement une orientation pour l'identification de l'espèce *staphylococcus aureus*. Mais il ne s'agit que d'une étape de présomption et d'une confirmation par des tests spécifiques reste obligatoire.

La présence de *staphylococcus aureus* est confirmée par les tests de la catalase et oxydase (Hocine et al., 2022).



Created in BioRender.com 

Figure 27 : Recherche et identification du staphylocoque pathogène (*S. aureus*) (Personnelle).

III.3.3.3 Recherche des pseudomonas

Le genre *Pseudomonas* est fait de bacilles Gram négative, droit en fin, aux extrémités arrondis, mobiles par cils polaires produisant les pigments de fluorescéine et de pyocyanine,

aérobies stricts, oxydase positive. *Pseudomonas aeruginosa* est mésophile tandis que la majorité des espèces sont psychrotrophes (Nauciel et Jean-Louis., 2005).

❖ **Mode opératoire**

À partir de l'eau à analyser porter aseptiquement 2 goutte et ensemercer à la surface de gélose cétrimide, puis les incubent à $36 \pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant 18 à 24 h. On a fait aussi l'ensemencement fait sur la surface de milieu de culture King A et King B. L'incubation des milieux à 37°C pendant 24 heures. Considéré comme colonie caractéristique toute colonie présentant une fluorescence, du fait de la sélectivité du milieu Cétrimide. Les colonies de *Pseudomonas* apparaissent souvent de grande taille (1-3 mm), à bord irrégulier, lisses régulières et bombées (Houcine et al., 2022).

❖ **Isolement**

L'isolement des *Pseudomonas* fait directement d'eau à analyser sur la gélose Cétrimide par la méthode de quatre quadrants, l'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures (Rejesk, 2002).

❖ **Identification**

Sur le milieu King A se fait la recherche de la pyocyanine, pigment bleu caractéristique de *Pseudomonas* responsable de la teinte bleue intense des milieux de culture. Par conséquent, la recherche de la pyoverdine se fait sur King B. C'est une teinte vert fluorescent se trouve chez *P. fluorescens* (Hadji et Boucceredj., 2020).

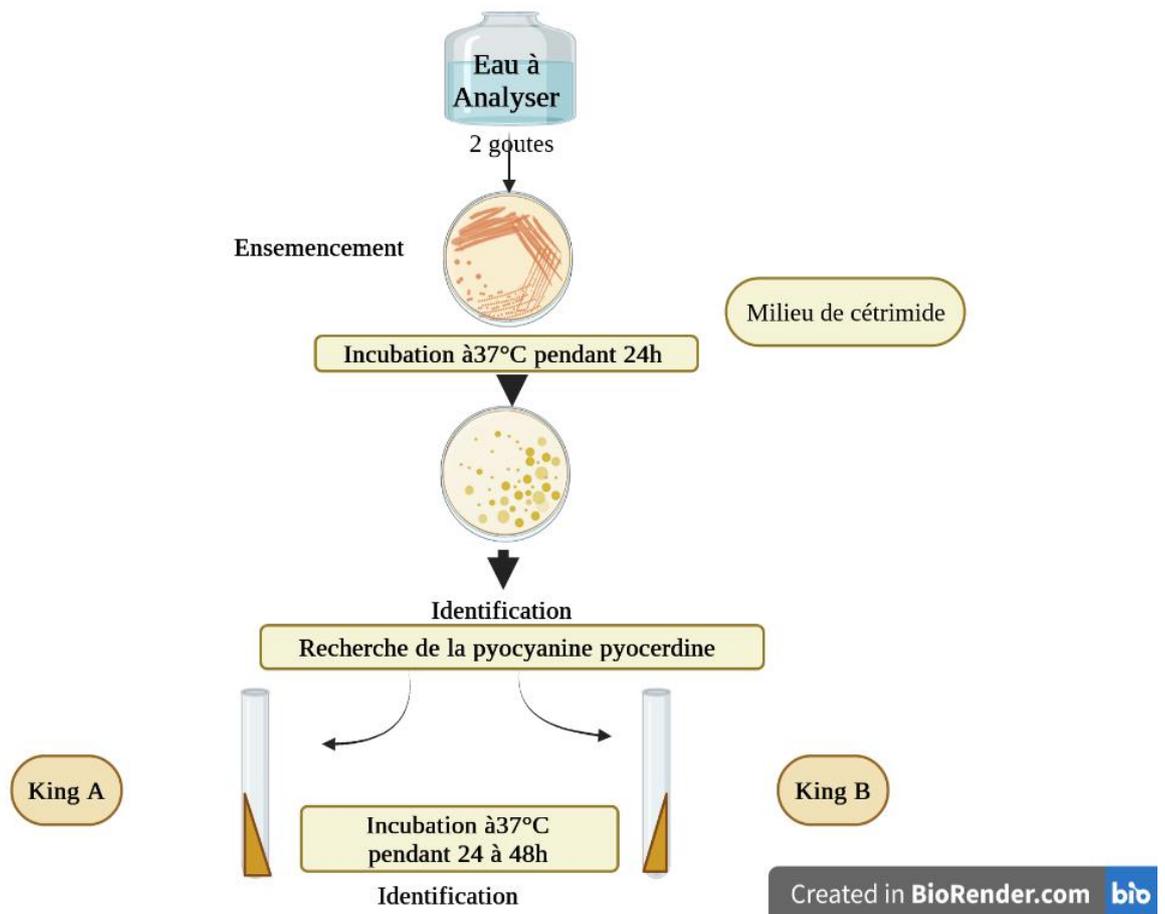


Figure 28 : Protocole de recherche de Pseudomonas (Personnelle).

III.3.3.4 Recherche des Shigelles

Shigella, qui appartient à la famille des Enterobacteriaceae, est un bacille pathogène Gram négatif, c'est une bactérie anaérobie facultative qui est fermée et immobile, qui ne fermente pas le lactose ou le fermente lentement (moleculespathogenesis of Shigella).

Les pathogènes ingérés peuvent survivre malgré l'acidité gastrique et causer la maladie en infectant la muqueuse du côlon, en se multipliant dans les cellules épithéliales du colon et se propageant latéralement aux cellules adjacentes (Cmaj., 2005).

❖ Culture

À partir de l'eau à analyser porter aseptiquement 2 gouttes et l'étaler à la surface de Gélose Mac-Conkey, gélose salmonella-Shigella (SS) et gélose Hektoen, puis les incuber à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 18 à 24 h (Boutheldja et al., 2016). Et après sont identifiés par les deux tests catalase et oxydas.

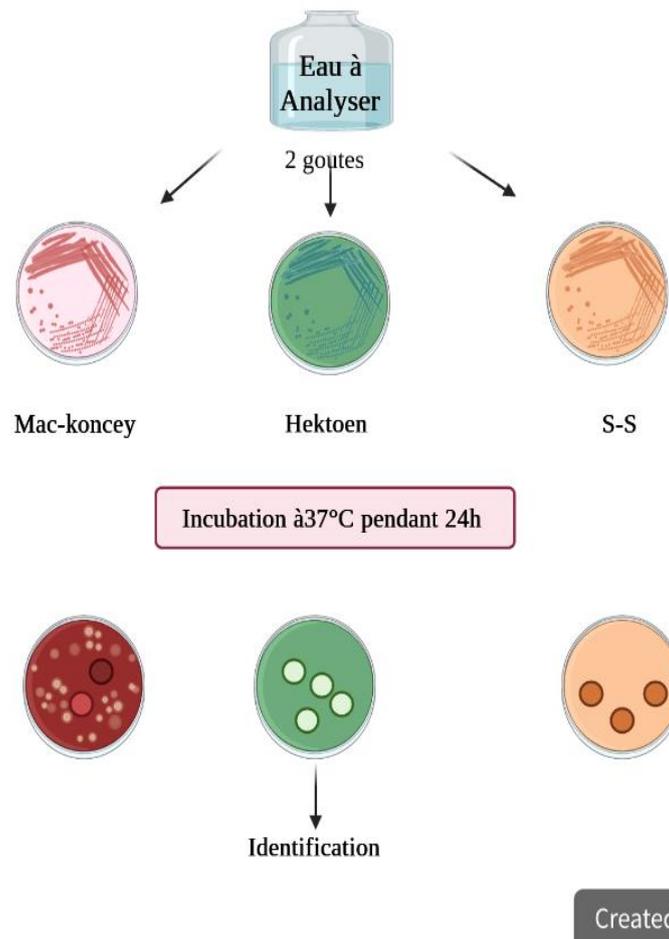


Figure 29 : Protocole de recherche des Shigelles (**Personnelle**).

III.3.3.5 Recherche de Vibrion cholériques

Les Vibrion sont des bâtonnets incurvés en virgule ou droit, mobiles et aérophiles, Gram négative et oxydase positive, aéro-anaérobies facultative, fermentant le glucose sans production de gaz. Ils sont plus ou moins basophiles, halophiles ou halotolérantes suivant les espèces (**Delarras et Trébaol., 2003**).

❖ Mode opératoire

Etape 1 : L'enrichissement primaire s'effectue sur le milieu eau peptone Alcaline (EPA), contenue dans des tubes de 9 ml ; auquel 5 ml d'eau à analyser. Les tubes ensuite incubés à 37°C pendant 24 heures.

Etape 2 : Une fois les boîtes de pétris sont coulées ; avec de la gélose GNAB, s'assurer aussi de l'étiquetage des boîtes. Les tubes incubés qui représentent l'enrichissement, feront l'objet

d'un isolement sur milieu gélosé GNAB, dont le prélèvement sera effectué à partir de la surface du milieu (EPA).

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

Etape 3 : Après incubation ; la boîte de gélose GNAB subira une lecture entêtante comptée du fait que les vibrions se présentent le plus souvent sous forme de grosses colonies lisses, transparentes et très caractéristique (Nouadria et al., 2022).

❖ Identification

Les colonies de *Vibrio* sont fines, blanches sur gélose GNAB. L'identification est faite comme suit :

- Test oxydase (+).
- Test catalase (Bouzidi et Chelhi., 2017).
- Une galerie biochimique API 20 NE.

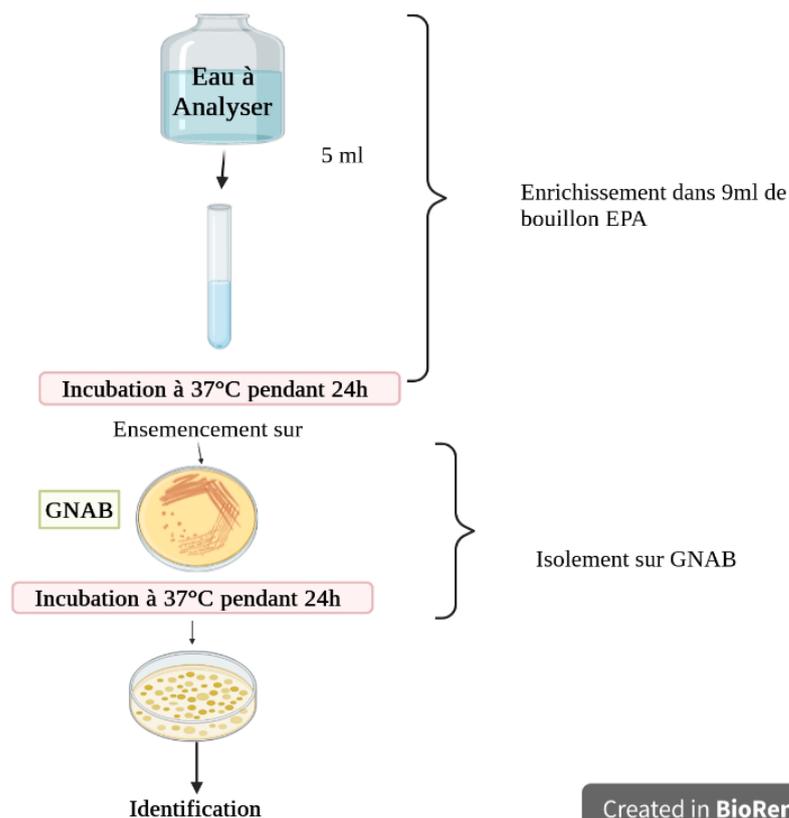


Figure 30 : Protocole de recherche de *Vibrio choléras* (Personnelle).

III.3.3.6 Recherche des levures et moisissures

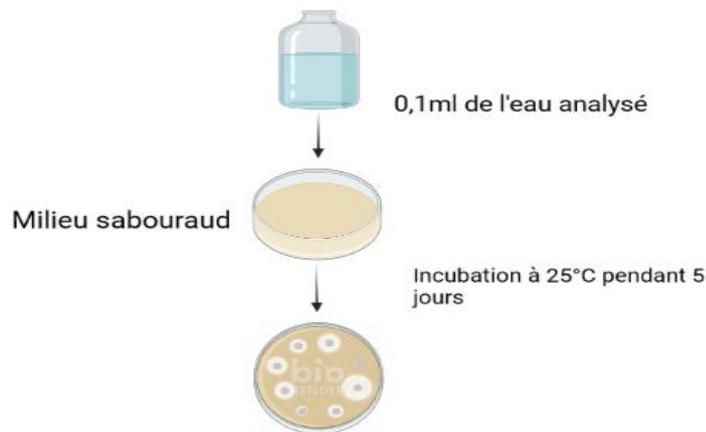
Le milieu sélectif utilisé doit renfermer une substance inhibant le développement des bactéries. Ce milieu est la gélose Sabouraud.

❖ Technique

On étale 0,1 ml de l'eau analysé sur la surface de la boîte de pétri contenant le milieu sabouraud, et l'incubation se fait à 25°C pendant 5 jours.

❖ Résultats

- ✚ Les moisissures se présentent en colonie ayant un aspect voluté
- ✚ Les levures se présentent en colonie semblable à celles des bactéries mais rondes.



Created in BioRender.com bio

Figure 31 : Protocole de recherche des levures et moisissure (**Personnelle**).

III.4 Identifications biochimiques des germes

III.4.1 Recherche de l'oxydase

Le terme d'oxydase désigne une enzyme recherchée en bactériologie systématique. La présence d'oxydases serait liée à celle dans la chaîne respiratoire du complexe enzymatique IV : cytochrome-oxydase (**Carbonnelle et Kouyoumdjian ., 1998**).

Ce test est à la base de l'identification des bactéries Gram (-) et permet de mettre en évidence une enzyme : le phényle diamine oxydase des bactéries à partir de leur culture en milieu gélosé. Cette enzyme est capable d'oxyder un réactif : le N diméthyle paraphénylènediamine (**Abdellioui et al., 2012**).

❖ Mode opératoire

Sur une lame propre et stérile déposer un disque d'oxydase ensuite préparer une suspension bactérienne à partir de la colonie voulue et déposé une goutte de la suspension sur le disque (Bara., 2016).

❖ **Lecture**

Si la colonie prend une teinte violette. Le germe possède une oxydase, le test est positif. Si la colonie reste incolore, le germe ne possède pas d'oxygène, le test est négatif (Delarras., 2014).



Figure 32 : Recherche d'oxydase.

III.4.2 Recherche de Catalase

La recherche de la catalase est un test important pour différencier les staphylocoques des Streptocoques. Les staphylocoques donnent des réactions positives alors que les autres donnent des réactions négatives (Zeroula., 2012).

Pour se faire, on ajoute une goutte de peroxyde d'hydrogène 30% (H₂O₂) à la colonie placée sur une lame de microscope. On remarque une production de bulle (libération de gaz) lorsque la réaction est positive. Ce test sert notamment à différencier les bactéries de la famille des Micrococaceae (Staphylococcus) catalase (+) de celle des (Streptococcie) Catalase (-) (Delarras., 2003).

❖ **Le principe**

Cette enzyme permet la dégradation de l'eau oxygénée à l'eau et oxygène libre qui se dégage sous forme gazeuse selon la réaction suivante :



Ce test est à la base de l'identification de bactéries Gram (+) (Hocine et al., 2022).

❖ **La technique**

Sur une lame porte-objet, nous avons déposé une goutte d'eau oxygénée (H₂O₂) et nous avons ajouté une dose de bactéries prélevées à partir du milieu gélosé de la souche (Hocine et al., 2022).

❖ **La lecture**

Si un dégagement de bulles de gaz (oxygène) apparaît le teste dit positif.

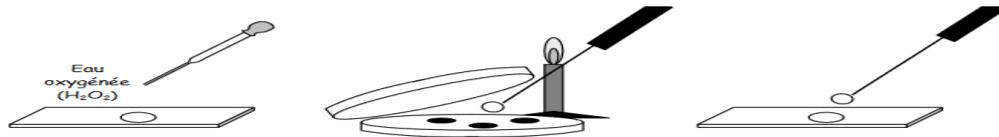


Figure 33 : Test de catalase.

III.4.3 API 20 E

La galerie API commercialisée, est un système standardisé pour l'identification de bactéries elle est composée d'un nombre variable de micro tubes (10 ou 20 le plus souvent), contenant des substrats déshydratés qui permettent de réaliser des tests biochimiques (**Camille., 2007**).

- **Inoculation de la galerie :**

À partir d'une culture fraîche sur milieu gélose une suspension bactérienne dense est préparée en dissociant 4-5 colonies dans 5ml d'eau physiologique stérile. Les micro tubes sont remplis soigneusement par cette suspension à l'aide d'une micropipette. Le remplissage du micro tube est effectué en évitant la formation de bulles d'air qui empêcherait le contact entre les bactéries à identifier et le réactif ou substrat à tester (**Kari et Laifaoui., 2013**).

Les cupules ont été remplies en veillant à créer un niveau horizontal ou légèrement convexe pour les trois tests CIT, VP et GEL. Les cupules incomplètement remplies ou trop remplies peuvent engendrer des résultats incorrects. Afin de créer les conditions d'anaérobiose requises pour les tests biochimiques de la transformation des acides aminés arginine, lysine et ornithine, respectivement, par les Enzymes ADH, LDC et ODC. La libération d'ammoniac à partir de l'urée grâce à la présence de l'enzyme uréase d'ammoniac (urée) et la production d'H₂S. Les cupules correspondantes. Ont été recouvertes d'huile de vaseline (**Kari et Laifaoui., 2013**).

- **Lecture de galerie :**

Après incubation à 37° C pendant 24 h, on note sur la fiche les résultats de toutes les réactions spontanées puis on révèle les tests nécessitant l'addition de réactifs (TDA, VP et Kovacs). L'identification est ensuite obtenue à l'aide d'un logiciel d'identification.

La lecture de ces réactions se fait à l'aide du tableau de lecture (**Kari et Laifaoui., 2013**).

III.4.4 Galerie API 20 NE

- **Principe**

La galerie API 20NE est une version miniaturisée et standardisée des techniques biochimiques conventionnelle pour l'identification des bactéries à Gram négatif. La galerie API 20NE comporte 20 micro tubes contenant des substrats sous forme déshydratée, ces micro tubes sont inoculés avec une suspension bactérienne qui reconstitue les milieux. Les réactions produites pendant la période d'incubation se traduisent par des virages colorés spontanés où révèlent par l'addition des réactifs (**Boukhatem., 2013**).

- **Technique :**

Préparation de la galerie :

- ✓ Mettre de l'eau distillée stérile sur le fond de la boîte (partie alvéolée) ;
- ✓ Placer la galerie sur le fond la boîte ;
- ✓ Recouvrir la boîte avec son couvercle ;
- ✓ Inscrire la référence de la souche sur la languette latérale de la boîte.

Préparation de l'inoculum :

- ✓ Ouvrir une ampoule d'API Na Cl 0,85 % et à l'aide d'une pipette Pasteur stérile, Prélever une seule colonie bien isolée sur milieu gélosé ;
- ✓ Réalisez une suspension bactérienne en homogénéisation soigneusement.

Inoculation de la galerie :

- ✓ Introduire la suspension bactérienne dans le micro tube de la galerie à l'aide d'une Pipette stérile ;
- ✓ Refermer la boîte d'incubation, incubé à 37°C pendant 24 heures (**Boukhatem ., 2013**).

Lecture :

La lecture de ces réactions se fait à l'aide du tableau de lecture et l'identification des souches est obtenue à l'aide du tableau d'identification du catalogue analytique (**Boukhatem., 2013**).

Chapitre IV :

Résultats et discussion

IV.1 Résultats d'analyses microbiologiques

L'analyse microbiologique permet de mettre en évidence la pollution fécale de l'eau, elle représente également un bon moyen pour contrôler l'efficacité des mesures de protection ou de traitement (Boutebba et al., 2022).

Les résultats des analyses bactériologiques des échantillons d'eau de barrage sont illustrés dans le tableau (10) et présentés et obtenus sous forme de graphiques exprimant les variations entre les différents paramètres étudiés.

Tableau 10 : Les résultats des analyses bactériologiques.

Mois de Prélèvement	Février		Mars	
	B1 (Bouhamdane)	B2 (Zit-Emba)	B1 (Bouhamdane)	B2 (Zit-Emba)
Germes Revivifiables	+	+	+	+
Coliformes Totaux	+	+	+	+
Coliformes Fécaux (E coli)	-	-	+	-
Streptocoque Fécaux	-	-	-	-
Spoires des ASR	+	-	+	-
Staphylocoques	-	-	-	-
Shigella	+	+	+	+
Pseudomonas aeruginosa	-	-	-	-
Salmonella	+	+	+	+
Vibrio cholérique	+	+	-	+
Levures et Moisissures	+	-	+	-

IV.1.1. Résultat des germes totaux

Appelés aussi germes revivifiants, ils n'ont pas d'effets directs sur la santé, mais sous certaines conditions ils peuvent générer des problèmes dans les systèmes de dialyse. Les bactéries d'origine résiduaire (environnementale) sont dénombrées à 22°C sur une période de 72 heures d'incubation et les bactéries d'origine intestinale (humaine ou animale) à 37°C sur une période d'incubation de 48 heures (**Houcine et al., 2022**).

Les résultats de la recherche et le dénombrement des germes totaux dans les deux sources de l'eau de barrage (**B1** : Barrage Bouhamdane, **B2** : Barrage Zit-Emba) durant la période d'étude sont présentés dans la (**fig.34, 35**) pendant les deux températures différentes 37°C et 22°C.

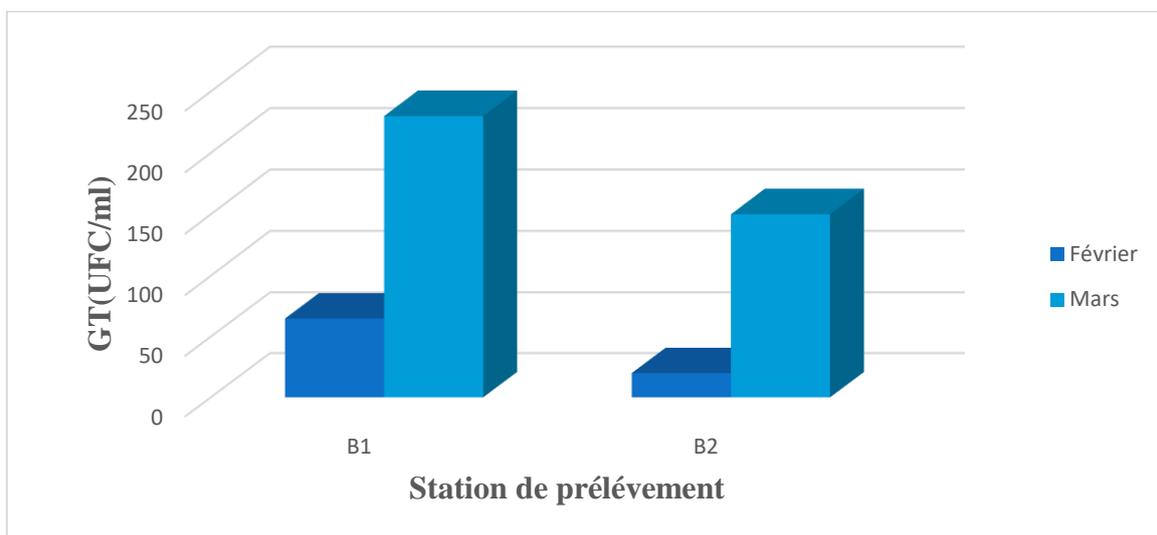


Figure 34 : Évolution des germes revivifiants à 37°C de l'eau des deux Barrages (Février – Mars, 2023).

Pour les germes totaux à 37°C, dans le mois de Février, on a remarqué que les deux eaux de barrages ont des teneurs qui sont dépassés la limite fixée par l'OMS et le Journal Officiel de la République Algérienne (20 UFC/ml), les valeurs élevées ont été enregistrées dans **B1** avec (65 UFC/ml), et la valeur minimale est de (24 UFC/ml) dénombrée dans **B2**.

Et pour le mois de Mars, on a enregistré des valeurs élevées dans **B2** (150 UFC/ml) et de (230 UFC/ml) dénombrer dans **B1**, elle dépasse la limite fixée par l'OMS et le Journal Officiel de la République Algérienne (20 UFC/ml) dans les deux barrages.

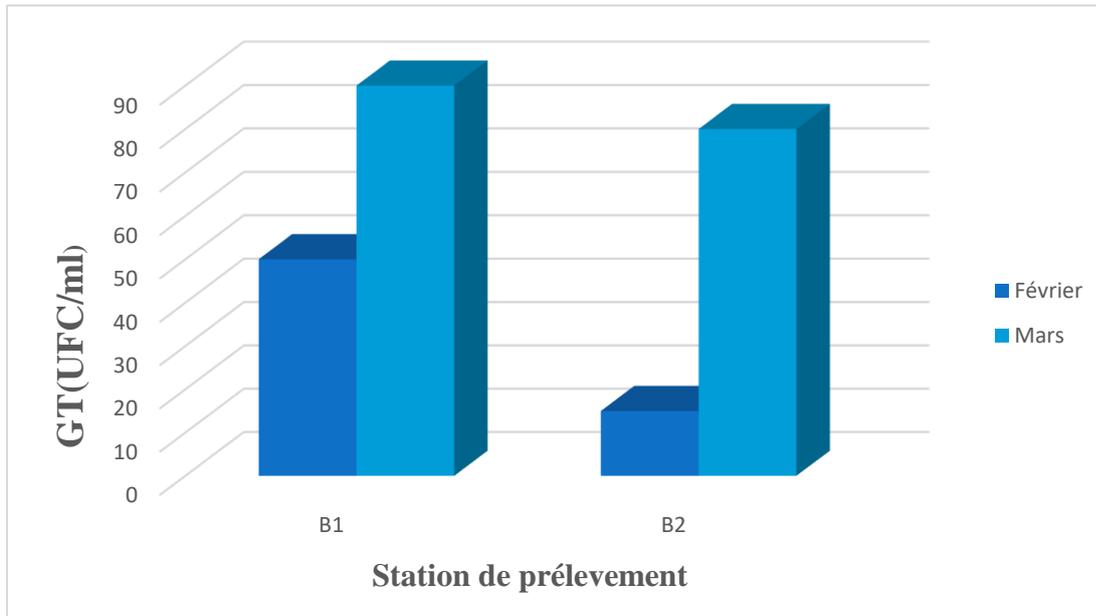


Figure 35 : Évolution des germes revivifiables à 22°C de l'eau des deux Barrages (Février – Mars, 2023).

Pour les germes totaux à 22°C, dans le mois de Février, on a remarqué que les deux eaux de barrages ont des teneurs qui sont inférieures à la limite fixée par l'OMS et le Journal Officiel de la République Algérienne (100 UFC/ml), les valeurs les plus élevées sont enregistrées dans le barrage **B1** avec (50 UFC/ml) et la valeur minimale étant de (15 UFC/ml) dénombrée dans **B2** (**Figure 42**). Et pour le mois de Mars, on a enregistré dans **B1** (90 UFC/ml) et la valeur minimale étant de (80 UFC/ml) dénombrée dans **B2**. Ces valeurs restent dans la limite fixée (100 UFC/ml) pendant les deux mois.

On a conclu donc qu'il n'y a pas une contamination dans les deux barrages pour les deux mois.



Figure 36 : Résultat de la recherche des germes totaux au milieu de TGEA.

IV.1.2. Résultat des coliformes totaux et fécaux

❖ Les coliformes totaux (CT) :

La présence de coliformes totales dans l'eau indique une pollution fécale récente car elles sont à la fois d'origine animale et humaine (Boutebba et al., 2022). La variation du nombre des bactéries dans les différents barrages de prélèvement pendant les deux mois est illustrée dans la figure ci-dessous.

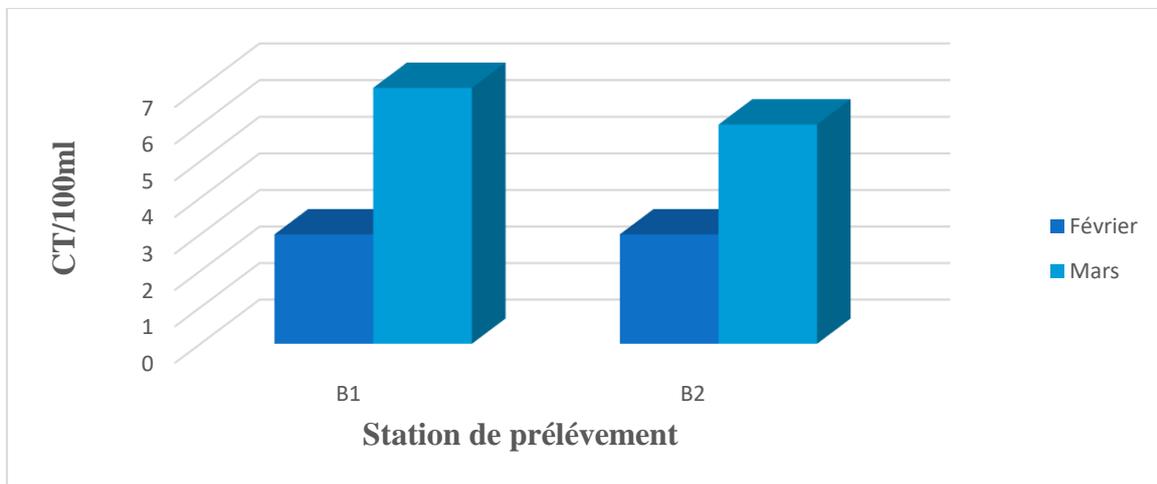


Figure 37 : Variation CT (coliformes totaux) /100 ml des eaux de Barrage (Février et Mars, 2023).

D'après ces résultats, nous observons que la valeur maximale obtenue est de l'ordre de (7 CT/100 ml) au niveau du **B1**, et de (6 CT/100 ml) au niveau du **B2** pendant le mois de Mars, tandis que la valeur minimale (3 CT/100 ml) est enregistrée dans les deux barrages pendant le mois de Février.

On remarque que les valeurs enregistrées dans les deux barrages pendant les deux mois inférieurs aux normes (ne dépassent pas légèrement les valeurs seuils établies par l'OMS de la réglementation algérienne) qui est (10 CT/100 ml), le nombre des coliformes totaux est naturellement plus important que celui des coliformes fécaux.



Figure 38 : Résultat de la recherche des coliformes totaux au milieu BCPL.

❖ **Les coliformes fécaux (CF) :**

La présence des coliformes fécaux (*Escherichia coli*) dans l'eau met en évidence une pollution d'origine fécale, humaine ou animale, et la présence possible des pathogènes entériques. Toute eau contenant ces bactéries ne doit pas être consommée (**Hocine et al., 2022**).

L'évolution du nombre des coliformes fécaux dans l'eau de deux barrages sont présentées dans la figure 39.

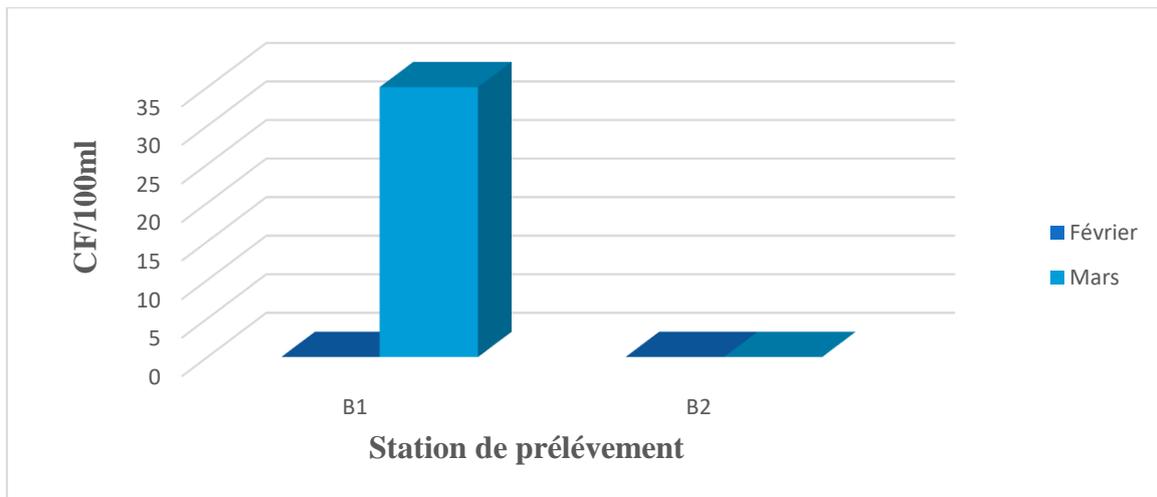


Figure 39 : Variation des CF (coliformes fécaux) /100 ml des eaux de deux barrages (Février et Mars, 2022).

D'après l'examen de graphe illustré dans la figure, nous montre que le nombre de coliformes fécaux dépasse la norme de la réglementation algérienne et de l'OMS (0 CF/100ml) au niveau de **B1** pendant le mois de Mars avec (35 CF/100ml), dans notre cas, les résultats des analyses ont montré l'absence totale de cette bactérie au niveau de **B2** pendant des deux mois, nous montre que les nombres de coliformes fécaux à la limite fixée aux normes de la réglementation algérienne.

La présence des coliformes fécaux dans les eaux de consommation atteste d'une pollution ou d'une contamination d'origine fécale. Cette pollution reflète les conditions météorologiques qui se sont produites pendant l'évaporation, où les eaux peu profondes sont plus souvent contaminées par des déchets animaux après des précipitations importantes (Hocine et al., 2022).



Fig 40 : Tubes de milieu Schubert positif
(Présence d'E coli).
coli).

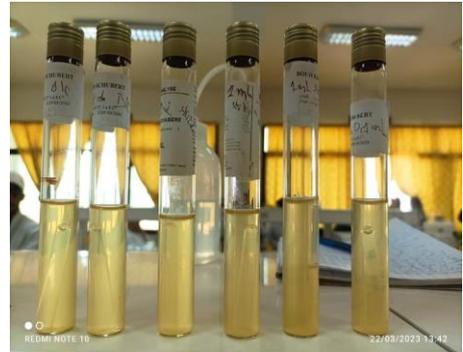


Fig 41 : Tubes de milieu Schubert négatif
(Absence d'E

IV.1.3. Résultat des streptocoques fécaux

Ces germes sont associés aux coliformes fécaux, ils sont considérés un bon indicateur de pollution, aussi utilisés comme indicateurs d'efficacité de traitement, car ils sont nettement plus résistants que les coliformes et autres entérobactéries pathogènes (Chambet ., 2015). La présence de SF dans l'eau indique qu'il y a une contamination fécale. Et d'après les nos résultats a montré une absence totale de streptocoques fécaux dans les deux barrages durant les deux mois de d'étude.

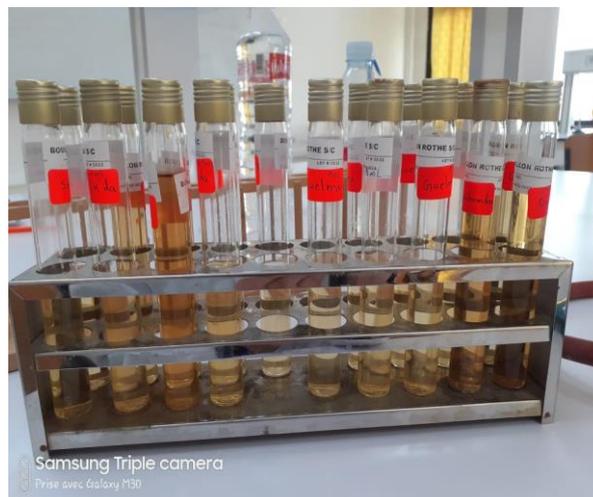


Figure 42 : Tubes de milieu Roth négatif (Absence de SF).

IV.1.4. Résultat et dénombrement des bactéries anaérobies sulfito-réductrices (ASR)

Les anaérobies sulfito-réducteurs sont des bactéries d'origine fécale, elles sont des germes capables de se sporuler et de se maintenir longtemps dans l'eau. Elles sont donc les témoins d'une pollution ancienne. Ils sont plus difficilement tués par les désinfectants, c'est pour cela constitué un bon indicateur de l'efficacité de la désinfection (Houcine et al., 2022).

Les résultats du dénombrement de ces derniers sont présentés dans la figure suivante :

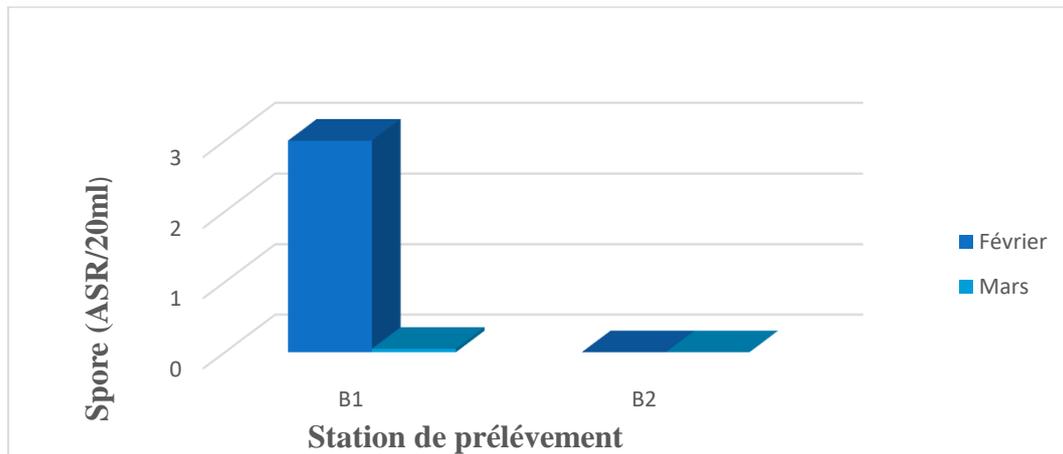


Figure 43 : Variation des ASR/20ml (anaérobies sulfito-réductrices) des eaux de barrage (Février et Mars 2023).

La présentation graphique au-dessous montre que durant le mois de février ont été enregistrées au niveau de **B1** le maximum des spores des ASR (Indénombrable) et 3 spores/20 ml au niveau du **B2**.

Ces résultats ont dépassé les normes établies par l'OMS (0 spore/ml) (OMS., 2011). Tandis qu'au niveau du barrage (Zit-Emba) nous avons enregistré une absence des spores des bactéries.

Pour le mois de mars nous avons enregistré 1 spores/20 ml au niveau du barrage (Bouhamdane) et des indénombrables spores des ASR qui dépassent les normes fixées par l'OMS (0 spore/ml), et au niveau du barrage (Zit-Embat) nous avons enregistré une absence des spores des bactéries. D'après les résultats obtenus nous observons qu'il y a une contamination ancienne au niveau du barrage Bouhamdane **B1**.

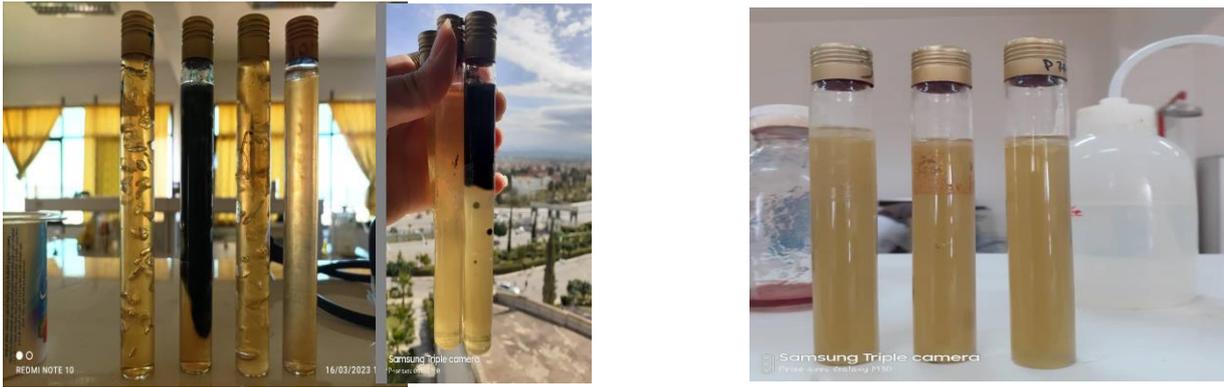


Fig 44 : Résultats obtenue par la recherche des ASR.

IV.1.5. Résultat des germes pathogènes

❖ Résultat des salmonelles :

Les résultats de l'ensemencement de la bactérie salmonella sur le milieu de culture Hektoen, SS sont représentés dans le graphe suivant (Fig.45) et les résultats des différents tests effectués sur les salmonelles sont représentés dans le (Tab.11) :

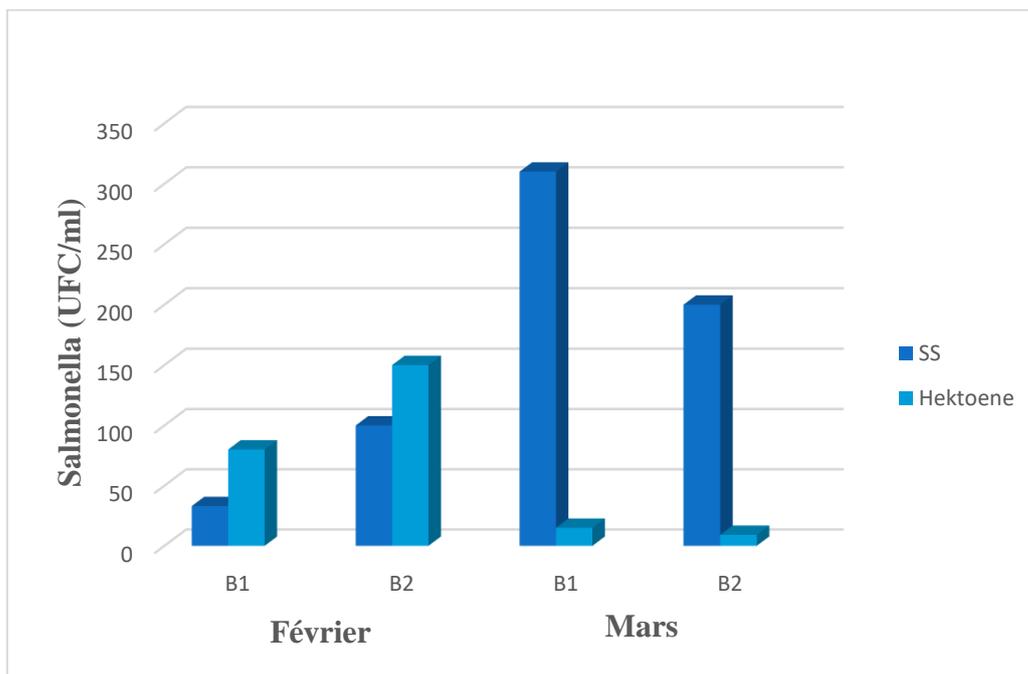


Figure 45 : Les valeurs des germes salmonella de l'eau des deux barrages (Février et Mars, 2023).

Les résultats portés sur le graphe montrent que les eaux de barrages (B1, B2) contiennent des germes salmonella :

Pour le mois de Février les salmonelles sont présentées avec des valeurs de (SS : 33 UFC/ml), (Hektoene : 80 UFC/ml) au niveau de **B1**, et de (SS : 50 UFC/ml) (Hektoene : 67 UFC/ml) au niveau de **B2**. Ces valeurs sont supérieures aux normes prescrites par l'OMS (0 UFC/ml à 37°C).

Pour le mois de Mars on a enregistré des valeurs de (SS : 310 UFC/ml), (Hektoen : 15 UFC/ml) au niveau de **B1**, et de (SS : 200 UFC/ml), (Hektoen : 100 UFC/ml) niveau de **B2**. Ces derniers sont supérieurs aux normes prescrites par l'OMS (0 UFC/ml à 37°C) qui interdit sa présence dans l'eau de consommation humaine.

Il ressort à partir des résultats d'analyses que les échantillons d'eau des barrages analysés contiennent des salmonelles et que ces bactéries se retrouvent dans les deux eaux étudiées (**B1** : Bouhamdane), (**B2** : Zit-Emba) pendant les deux mois (février et mars). La présence de ce germe pathogène dans ces eaux de barrages peut être liée à leur localisation et qui peut être due aux déjections humaines et animales infectées, ces germes constituent un facteur de risque sanitaire pour la population.

Tableau 11 : Résultats de l'identification biochimique des colonies isolées sur gélose Hektoen, S-S (salmonelles).

Milieu de culture	Gélose Hektoen	Gélose SS	Catalase	Oxydase	Mannitol
Prélèvement					
B1 (Fév., Mrs)	Petites colonies vertes au bord noir.	Des petites colonies muqueuses, lisses, de couleur orange.	- (hektoen) - (S-S)	+ (hektoen) + (S-S)	-
B2 (Fév., Mrs)	Petites colonies orange.	Des petites colonies plates de couleur orange.	- (hektoen) - (S-S)	+ (hektoen) + (S-S)	-



Figure 46 : Résultats de tests oxydase positive, catalase négative de milieu Hektoen pour les deux eaux.



Figure 47 : Résultats de tests oxydase positive, catalase négative de milieu S-S pour les deux eaux.



Figure 48 : Résultats obtenus par la recherche des salmonelles.

❖ Résultat des staphylocoques

Les résultats de l'ensemencement de la bactérie *Staphylococcus aureus* sur le milieu de culture Chapman ont montré :

Après 24 d'incubation à 37° C et après avoir réalisé les tests sur les staphylocoques nous ont permis d'identifier des staphylococcus pathogènes on a remarqué que : il y a une absence totale des bactéries staphylococcus aureus dans les deux barrages durant les deux mois d'étude.

Les résultats de cette analyse ont montré l'absence de la bactérie de *Staphylococcus aureus* qui est l'espèce la plus pathogène ce qui indique que la qualité bactériologique de l'eau des deux barrages s'est montrée salubre et propre.

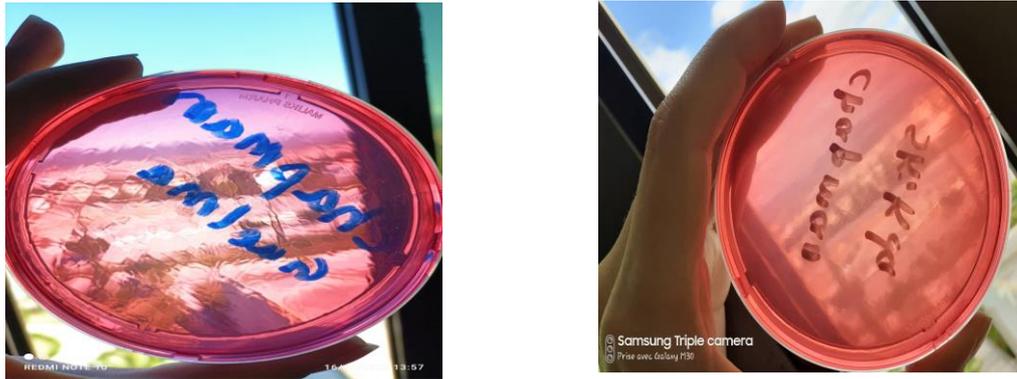


Figure 49 : Résultats obtenus par la recherche des staphylocoques.

❖ Résultat des Vibrio cholériques

Les résultats de l'ensemencement de la bactérie vibrion cholérique sur le milieu de culture GNAB sont représentés dans la (Fig.50) et les résultats de l'identification biochimique des Vibrio cholérique ont été présentée dans le (Tab.12).

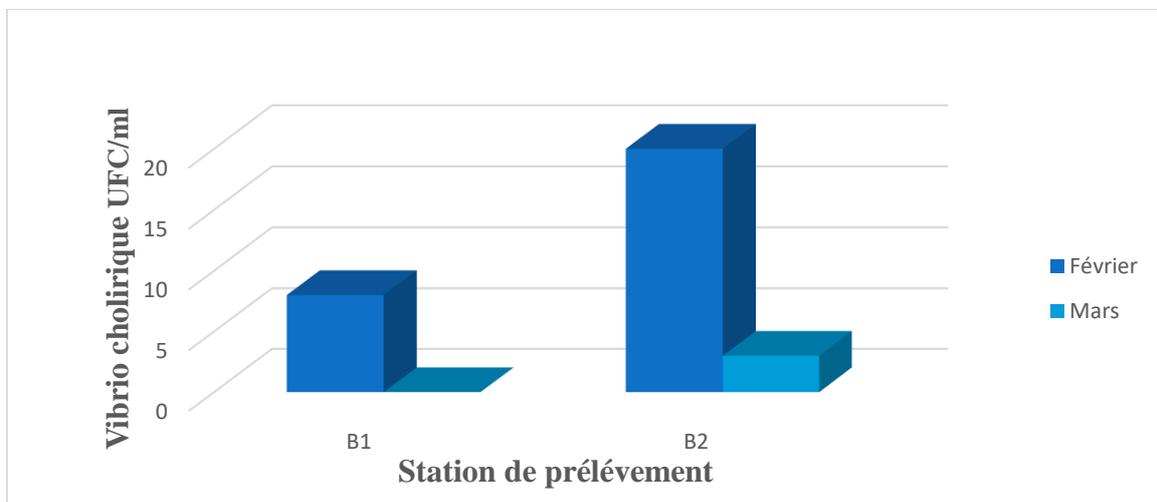


Figure 50 : Les valeurs des germes vibrio cholériques de l'eau des deux barrages (Février et Mars, 2023).

D'après les résultats présentés dans le diagramme représentent les valeurs des germes vibrio cholérique dans les deux barrages pendant le mois de Février et Mars, on a remarqué la présence de cette bactérie dans les deux eaux pendant les deux mois d'échantillonnage. Où les valeurs sont supérieures aux normes prescrites par la réglementation algérienne (0 germe /ml)

et l'OMS (0 UFC/ml) à 37° C, avec une valeur maximale de (15 UFC/ml) qui a été enregistrée dans **B2** pour le mois de Février et de (3 UFC/ml) pour le mois de Mars.

Tandis que la valeur minimale a été enregistrée dans **B1** de (8 UFC/ml) seulement pour le mois de Février, et l'absence de ces germes au mois de Mars (0 UFC/ml).

Cette variation peut être liée aux conditions climatiques de chaque région autant qu'il est noté l'influence des facteurs climatiques tels que les précipitations et la température sur la charge des vibrions cholériques. Cette forme de bactéries pathogènes se propage généralement par les selles des individus infectés, où le patient excrète les bactéries. En conséquence, l'infection peut se propager rapidement, en particulier dans les zones où les déchets humains ne sont pas traités correctement (**Hocine et al., 2022**).

Tableau 12 : Résultats de l'identification biochimique des Vibrio cholériques.

Le milieu de culture	Tests/ Stations	Oxydase	Catalase	Mannitol
GNAB	B1	+	-	—
	B2	+	-	—



Figure 51 : Résultats de tests oxydase positive, catalase négative de milieu GNAB pour les deux eaux.

❖ Résultat des Shigelles

Les résultats de l'ensemencement de la bactérie Shigella sur le milieu de culture Hektoen, SS, Mac-Konkey, sont représentés dans le graphe :

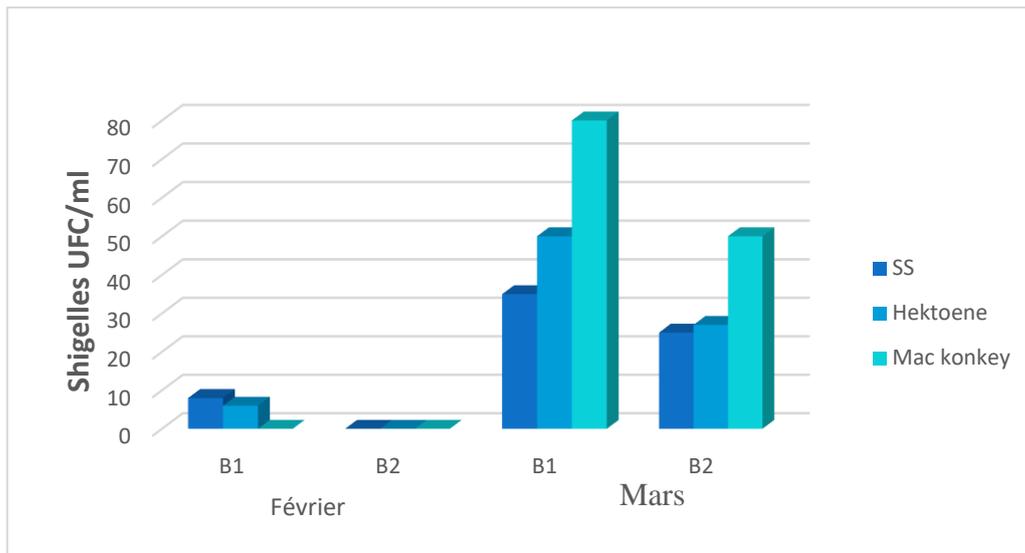


Figure 52 : Les valeurs des Shigelles dénombrées dans les eaux des deux barrages (Février et Mars, 2023).

D’après les résultats de dénombrement des Shigelles, on a remarqué l’absence totale des Shigelles dans le mois de Février au niveau **B2**, et sa présence en **B1** avec des valeurs minimales de (SS : 8 UFC/ml, Hektoene : 6 UFC/ml, Mac-Konkey : 0 UFC/ml). Ces valeurs sont supérieures aux normes algériennes et aux normes de l’OMS (0 UFC/ml).

Pour le mois de Mars, les valeurs élevées ont été enregistrées dans **B1** (SS : 35 UFC/ml, Hektoene 50 UFC/ml, Mac-konkey : 80 UFC/ml), tandis que la valeur minimale a été enregistrée dans **B2** (SS : 27 UFC/ml, Hektoen : 27 UFC/ml, Mac-Konkey : 50 UFC/ml) cette valeur est supérieure aux normes algériennes et aux normes de l’OMS (0 UFC/ml).

La présence de ce germe dans l’eau du barrage indique une contamination, qui pourrait s’expliquer, comme la grande majorité des autres germes, par une pollution fécale liée à des conditions non sanitaires (**Hocine et al., 2022**).

Tableau 13 : Résultats de l’identification biochimique des Shigelles.

Milieu de culture	Gélose Hektoen	Gélose Mac-Konkey	Gélose SS	Catalase	Oxydase	Mannitol
Prélèvement						
B1 (Fév, Mrs)	Des petites colonies muqueuses, lisses, de	Quelques colonies, lisses, bombées	Des petites colonies de	- (hektoen) -	+ (hektoen) +	-

	couleur verte.	de couleur beige.	couleur orange.	(S-S) – (Mac-Konkey)	(S-S) + (Mac-Konkey)	
B2 (Fév, Mrs)	Deux types de colonies de colonies muqueuses, lisse, bombées, de couleur verte et autres oranges.	Des colonies lisses, demi-bombées, de couleur rose.	Quelques colonies de couleur beige.	– (hektoen) – (S-S) – (Mac-Konkey)	+ (hektoen) + (S-S) + (Mac-Konkey)	–



Figure 53 : Résultats de tests oxydase positive, catalase négative de milieu Hektoen pour les deux eaux.



Figure 54 : Résultats de tests oxydase positive, catalase négative de milieu S-S pour les deux eaux.



Figure 55 : Résultats de tests oxydase positive, catalase négative de milieu Mac-Konkey pour les deux eaux.

❖ Résultat des Pseudomonas

Concernant la recherche des pseudomonas et d'après les résultats obtenus après l'ensemencement sur milieu de culture Céramide et aussi sur les milieux King A et King B, on remarque une absence totale de ce type de bactérie dans les eaux de barrages analysés. On

constate que la qualité microbiologique de ces eaux analysées est satisfaisante conformément aux normes algériennes et à l’OMS.

❖ Résultat des levures et moisissures

Les moisissures et les levures sont des champignons microscopiques (micromycètes). Ce sont des organismes eucaryotes composés d’éléments unicellulaires, soit de filaments isolés ou agrégés et se reproduisent par l’intermédiaire de spores. Ces organismes sont hétérotrophes, ce qui signifie qu’ils dépendent de la consommation de matières organiques synthétiques pour survivre (73). Les résultats obtenus sont présentés dans la (Fig.56).

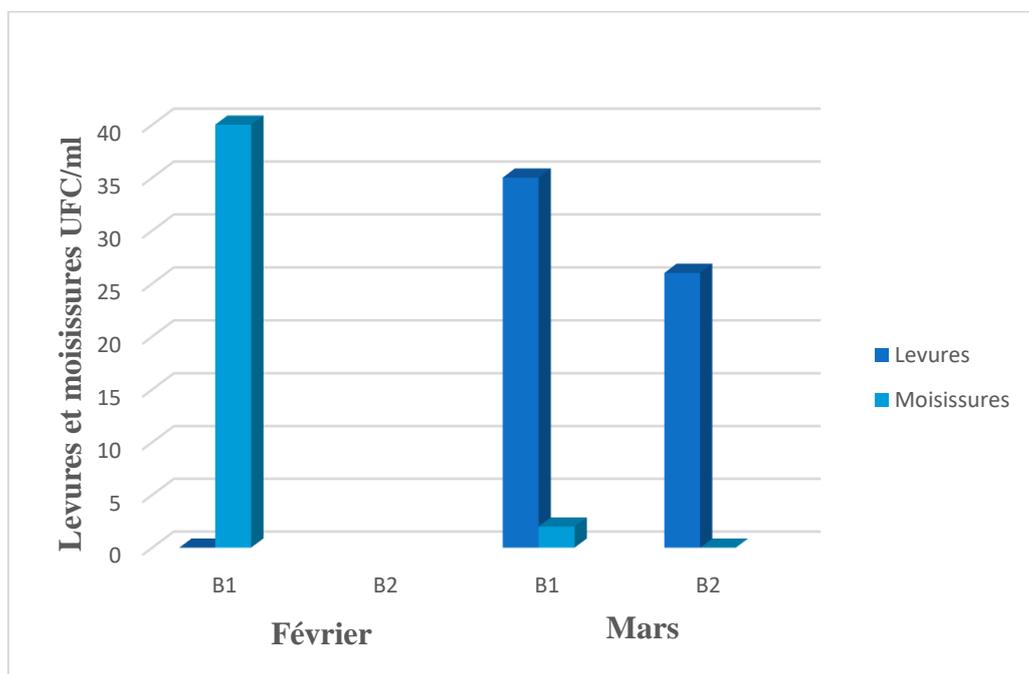


Figure 56 : Répartition des moisissures et levures dans les eaux des barrages (Février et Mars, 2023).

Les résultats portés sur le graphe montrent qu’une valeur maximale des moisissures et levures, enregistrée dans **B1** affichant un taux de (40 UFC/ml) (0 UFC/ml) pour le mois de Février, et (35 UFC/ml) (2 UFC/ml) pour le mois de Mars, et une minimale valeur au niveau de **B2** affichant un taux de (26 UFC/ml) (0 UFC/ml) au mois de Mars, et absence totale de ce type de bactérie dans le mois Février au niveau du **B2**, ces valeurs sont des valeurs supérieures aux normes algériennes et de normes de l’OMS (10 UFC/ml).

❖ Identification par les API systèmes

Les espèces bactériennes identifiées par les Api systèmes sont résumées dans les tableaux et les figures ci-dessous.

Tableau 14 : Les espèces identifiées dans l'eau de deux barrages.

API Système	Espèce identifiées	Code	Milieu de culture
API 20E	Proteus mirabilis	1320551	Mac-konkey B1(Bouhamdane)
	Moellereella wiscnsensis	1224160	Hektoene B1(Bouhamdane)
	Morganella morganii	5530000	Mac-konkey B2 (Zit –Emba)
	Enterobacter sakazakii	3306133	SS B1 (Bouhamdane)
API 20 NE	Aeromonas hydrophilae/caviae	3327173	Hektoene B2 (Zit –Emba)
	Pasteurella spp	1530000	SS B2 (Zit –Emba)



Figure 57 : Profil biochimique de la souche *Aeromonas hydrophilae/caviae*.



Figure 58 : Profil biochimique de la souche *Morganella morganii*.



Figure 59 : Profil biochimique de la souche *Proteus mirabilis*.



Figure 60 : Profil biochimique de la souche *Moellereella wisconsinensis*.



Figure 61 : Profil biochimique de la souche *Pasteurella* spp.



Figure 62 : Profil biochimique de la souche *Enterobacter sakazakii*.

❖ Discussion

D'après les résultats de cette série d'analyses et les critères fixés par l'arrêté, nous remarquons que :

- Pour les germes totaux à 37° C, les 2 échantillons de l'eau de barrage sont de qualité satisfaisante pour les deux mois.
- Les germes totaux à 22° C, les 2 échantillons de l'eau de barrage sont de qualité satisfaisante pour les deux mois.
- Pour les coliformes totaux, pour les mois de Février et Mars, ce sont des résultats compatibles avec les normes.

- Pour les coliformes fécaux, les résultats de barrage Zit-Emba sont de qualité satisfaisante pour les deux mois, par contre l'eau de barrage Bouhamdane est de qualité insatisfaisante seulement pour le mois de Mars.
- Pour les streptocoques fécaux, les résultats pour les deux barrages sont de qualité satisfaisante, on remarque une absence totale de ce type de bactérie dans les eaux de barrages analysés (des résultats compatibles aux normes).
- Pour les bactéries anaérobies sulfito-réductrices, les résultats sont variables en B2, pour les deux mois (compatibles aux normes), seulement B1 est contaminée donc il caractérisait par une qualité mauvaise pas compatible aux normes.
- Pour les salmonelles, on remarque une absence totale de ce type de bactérie dans les eaux de barrages analysée, et selon les normes qui précise l'absence des salmonelles on peut dire que notre résultat ne répond pas aux critères pour les deux eaux de barrages.
- Pour les Staphylococcus, on remarque une absence totale de ce type de bactérie dans les eaux de barrages analysées.
- Pour les vibrio cholérique, les deux barrages étaient contaminés pendant les deux mois d'échantillonnage, seulement B2 en mois de Mars.
- Pour les Shigelles, les deux barrages échantillons sont de qualité insatisfaisante.
- Pour les pseudomonas, les deux barrages sont de qualité satisfaisante.
- Pour levures et moisissure, les deux barrages étaient contaminés pendant les deux mois d'échantillonnage.

Conclusion

La qualité bactérienne doit être vérifiée car le fait de ne pas le faire pourrait entraîner l'apparition de maladies transmises par l'eau dans la population en cas de consommation d'eau contaminée.

À travers cette étude comparative de la qualité microbiologique réalisée au laboratoire de l'université Guelma, nous a permis de déterminer les caractéristiques microbiologiques de l'eau de barrage de Zit-Emba (wilaya de Skikda) et barrage de Bouhamdane (wilaya de Guelma) sur une période de deux mois.

Les résultats des analyses physicochimiques et microbiologiques obtenus dans cette étude confirment clairement que tous les paramètres sont retenus au-dessous des valeurs guides.

D'un point de vue microbiologique, les résultats obtenus durant les mois de Février et Mars, montre que les eaux des deux barrages sont affectées par une pollution, ont révélé l'absence totale de bactéries pathogènes ; coliformes fécaux « E coli » et streptocoque fécaux, les ASR ainsi que l'absence des bactéries pathogènes pseudomonas aeruginose, staphylocoques, levures, avec la présence des germes revivifiables (GT et CF), les coliformes totaux, shigella, salmonella, vibrio cholérique, moisissures au niveau du barrage Zit-Emba. Par rapport au barrage Bouhamdane qui indique la présence de toutes les bactéries sauf les bactéries pathogènes ; pseudomonas aeruginose, staphylocoques, streptocoques fécaux.

Donc ces résultats indiquent que toutes les deux eaux analysées contiennent au minimum un des germes pathogènes ou indicateurs de contamination fécale avec des valeurs qui sont supérieures aux normes prescrites par les réglementations et qui sont de mauvaise qualité bactériologique (avec une différence dans l'intensité de la pollution d'un barrage à l'autre).

En effet ces travaux préliminaires montrent que l'eau de barrage Zit-Emba est d'une qualité microbiologique meilleure que l'eau de barrage Bouhamdane.

Enfin nous pouvons conclure ce travail, et de rappeler que l'objectif principal de ce travail est de déterminer la pollution bactérienne des eaux des barrages.

Références Bibliographiques :

1. **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, 123p.
2. **Abdelrahmane O., 2016** : Contribution à l'évaluation du système de management qualité et des paramètres physicochimiques, bactériologiques et organoleptiques des eaux des stations de traitement Taksebt et Boudouaou. Mémoire de master, université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie. 152p.
3. **Abdenmour N., Ait namane T., 2015** : Étude comparative de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux mises en distribution de la ville de Tizi-Ouzou (barrage de Taksebt et forages de Boukhalfa). Mémoire de master, université mouloud mammeri de tizi-ouzou, Algérie. 108p.
4. **Alpha Sidiki M., 2005** : Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'edm. Sa dans la ville de Bamako : Evaluation saisonnière, diplôme d'états, la Faculté de Médecine de Pharmacie et D'odonto-stomatologie, le 05 Mars 2005. 65p.
5. **Amimer S., 2015** : Analyses bactériologiques et physico-chimiques des eaux brutes du barrage de Boukerdane et des eaux traitées au niveau de la station de traitement des eaux potables de Sidi Amer (wilaya de Tipasa). Mémoire de master. Université de Blida « 1 », Algérie. 126p.
6. **Aouissi A., Houhamdi M., 2014** : Contribution à l'étude de la qualité de l'eau de quelques sources et puits dans les communes de Belkhir et Boumahra Ahmed. Mémoire de master, université de Guelma, Algérie. 85p.
7. **Attalah K., Ghennai A., 2018** : Contribution à l'étude bactériologique de l'oued ElKbir, Skikda. Mémoire de master ? université d'Oum ELBouaghi. 101 p.
8. **Bakouche M., 2020** : Les barrages, une solution au manque d'eau : cas du barrage de Bouhamdane (Nord-Est Algérien). Mémoire de master, université de 08 Mai 1945 Guelma, Algérie. 118p.
9. **Bara Ya., 2016** : Étude comparative de la qualité physicochimique et bactériologique de l'eau du barrage de Hammam Debagh avant et après traitement Cas de la station de traitement de Hammam Debagh – Guelma. Mémoire de master, université de 08 Mai 1945 Guelma, Algérie. 89p.

10. **Bechaa H., Liacha B., Salah salah M., 2022** : Évaluation de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux du barrage de Bouhamdane, wilaya de Guelma. Université 8 Mai 1945 Guelma, Mémoire de master. 83p.
11. **Belaid S., Redjimi., 2013** : Étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de Barrage Zit-Emba (Skikda). Mémoire de master, université de Guelma, 90p.
12. **Belli A., Bendjeddou Y., Benzarouk M. ,2020** : Etude Physico-chimiques et microbiologiques des eaux Introduites dans le barrage Beni-Haroun. Mémoire master, université Mila. 133p.
13. **Belmars Dj., 2015** : Contribution a l'identification des cyanobactéries du barrage Zit-Emba (Skikda). Mémoire de master en biologie, université 8 Mai 1945 Guelma. 61p.
14. **Ben abdllah S., Bourenane A., 2013** : Analyses physico-chimiques de l'eau de Générale Emballage en vue de son utilisation pour l'élaboration d'une colle, Mémoire de master en chimie, université A. MIRA - Béjaïa - Faculté des Sciences Exactes. 96p.
15. **Benabda N .,Seridi H., 2010** : Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau d'un écosystème aquatique artificiel : cas du barrage Zit-Emba (W. SKIKDA). Mémoire de master, Université 8 Mai 1945, Algérie. 100p.
16. **Bensalah Y., Benzitoune R., 2021** : Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines brutes dans la wilaya de Constantine. Université des Frères Mentouri Constantine 1. 63p.
17. **Berghida w., Rouana Dj., 2021** : Etude de la qualité des eaux de surface du bassin versant du barrage de Zit Emba, Wilaya de SKIKDA, Université Mohammed Seddik Benyahia-Jijel, Mémoire de master. 88 p.
18. **Berkani N., Zighem I., Foughali S., 2017** : parasites du barbeau *barbus callensis* (*valencienne*, 1842) du barrage de Bouhamdane-GUELMA. Mémoire de master. Université de 08 Mai 1945 Guelma, Algérie. 86p.
19. **Boucherit A., Hakimi., H 2016** : Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau du Barrage Hammam Debagh –Guelma Mémoire de master. *Université de 08 Mai 1945 Guelma, Algérie. 113p.
20. **Boukermi R., Hamellouii A., 2018** : Caractérisation et évaluation de la qualité physico-chimique et de la pollution organique des eaux du Barrage Bouhamdane. Mémoire de master, Université des Frères Mentouri Constantine, Algérie. 63p.

21. **Boukhatem L., 2013** : Etude de la sensibilité aux antibiotiques des bacilles à Gram négatif non fermentants isolés au niveau du service de réanimation du CHU de Tlemcen. Mémoire de Master. Université Aboubaker Belkaid, Tlemcen, Algérie. 131 p.
22. **Bounoua Ch., Meziti Kh., Sahli R., 2017** : Analyses physico-chimiques des eaux usées au niveau de la station d'épuration de la wilaya de Bordj Bou Arreridj (Comparaison avec les normes algériennes et l'OMS). Mémoire de master. Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A, Algérie. 74p.
23. **Bouridane Dj., 2022** : Qualité des eaux du barrage Hammam Debagh Wilaya de Guelma. N-E Algérie. Mémoire de master. Université Mohamed el sedik benyahia djijel, Algérie. 72p.
24. **Boutebba Ch., Ferdi I., Meghazi Ch., 2013** : Qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau d'Oued SEYBOUSE. Mémoire master. Université 8mai 1945 Guelma. 108 p.
25. **Bouteldja M., Haddidi I., Melek I., 2016** : Etude de la qualité bactériologique de l'eau du barrage de Zit-Emba et microflore de « *Barbus callensis* ». Mémoire de master. Université 08 Mai 1945 Guelma, Algérie. 126p.
26. **Bouزيد S., Chelhi Z., 2017** : Caractérisation physico-chimique et bactériologique avant et après traitement de l'eau du barrage de Hammam Debagh Guelma ; Mémoire de master, université de 08 Mai 1945 Guelma, Algérie. 87p.
27. **Camille Delarras., 2007** : Microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyse ou de contrôle sanitaire. Lavoisier. Editions TEC and DOC. 11, rue la voisier F-75008 Paris. 129p.
28. **Carbonnelle D., Kouyoumdjian S., 1998** : Bactériologie médicale techniques usuelles. Méd. Mal. Inf. Article. 251 p.
29. **Chambet-Hezardja F., 2015** : Etude des paramètre phisico-chimiques et bactériologiques des eaux du lac de barrage KEDDARA (W.BOUMERDES) avant et après traitement par la station BOUOUAOU. Mémoire de master. Université de blida « 1 », Algérie. 95 p.
30. **Chettibi S., Gourmat M., Kamouche S., 2019** : Contribution à l'inventaire des oiseaux d'eau de la région de Guelma (barrage de Bouhamdane), Mémoire de master, Université 8 Mai 1945 Guelma, Algérie. 94p.
31. **Cmaj et Niyogi, S.K., 2005** : Canadian medicalassociationjournal=journal de l'associationmidicale canadienne, 167p.

32. **Delarras C., et Trébaol B., 2003** : Surveillance sanitaire et microbiologiques des eaux. Tec & Doc EM INTER. France. 304 p.
33. **Delarras C., 2003** : Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux. Édition Lavoisier. Article. 269p.
34. **Derouaz S., Belmadi H., 2018** : Etude de la qualité bactériologique de l'eau provenant du barrage Tilesdit, traitée et distribuée dans deux communes de la Wilaya de Bouira. Mémoire de master, université akli mohand oulhadj-bouira, Algérie. 81p.
35. **Derragui I., Laribi N., 2019** : Etude comparative de la qualité d'eau de consommation de barrage Tilesdite et de forage Ouadhia. Mémoire de master. Université akli mohand oulhadj-Bouira, Algérie. 102p.
36. **Derrouiche Ch., Hammidi N., 2020** : Évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux brutes et traitées du barrage de Bouhamdane. Mémoire de master, université 8 Mai 1945 Guelma, Algérie. 84p.
37. **Djamaa N., Bouklab M., 2022** : Évaluation de la qualité physico-chimiques et bactériologique des eaux issues de la décharge publique de Mila. Mémoire de master. Université de Mila, Algérie. 107p.
38. **Djedadoua N., 2017** : Etude physico-chimique et bactériologique des eaux du barrage de Hammam Debagh (Guelma). Mémoire de master en bilogie, université 08 Mai 1945 Guelma, Algérie. 115p.
39. **Doubabi., Rahli., 2018** : caractérisation physico-chimique des eaux du bassin versant mahouna (GUELMA), Mémoire de master, Université 8 Mai 1945 Guelma, Algérie. 65p.
40. **Fetouhi I., Bourenane Gh., 2013** : Suivi de l'évolution temporelle de la dureté totale de l'eau traitée par la station de Hammam Debagh, Mémoire de mastser, université 8 mai 1945 Guelma, Algérie. 80p.
41. **Ghouli Y et al., 2022** : Contribution à l'analyse bactériologique de l'eau potable « l'Eau de robinet », Mémoire de master, Université 8 mai1945 Guelma, Algérie. 74p.
42. **Goudjil M., Bencheikeh Salah Eddine., 2011** : Etude de la pollution minérale et organique des eaux souterraines de la cuvette de Ouargla, Sud-Est Algérien, Mémoire de master, université kasdi marbah ouargla, Algérie. 116p.
43. **Hadjadj R., Bouabid A., 2022** : Evaluation de la qualité bactériologique des eaux de robinets dans la ville de Skikda. Mémoire de master. Université de Constantine, 74p.

44. **Hadji F., Boucceredj I., 2020** : Analyse physico-chimique et microbiologique de l'eau. Mémoire de master. Université de Guelma. 132p.
45. **Hallaci S., Mahboubi L., 2019** ; Influence des rejets liquides du complexe GL1/K sur la qualité physicochimique et bactériologique des eaux de l'Oued Saf-Saf – SKIKDA. Mémoire master, université Guelma. 130p.
46. **Hamouche S., Sebai Kh ., 2021** : Apport de la télédétection et des SIG pour le suivi de la qualité physico chimique des eaux de surface.Cas de Barrage de Beni Haroun (W. de Mila) : Mémoire de master ; Université Mohamed Boudiaf - M'sila, Algérie. 83p.
47. **Harrat N., Achour A .,2011** : qualité et réactivité des eaux de barrage de zit el-Emba alimentant la station de traitement D'AZZABA. Université de Biskra. 111p.
48. **Hedahdia A., Aliouche S., 2016** : contribution à l'étude de l'origine de la contamination fécale des eaux du barrage Bouhamdane –Guelma . Mémoire de master, université 08 Mai 1945, Guelma, 70p.
49. **Hedahdia A .,Aliouche S., 2016** : Contribution a l'étude de l'origine de la contamination fecale des eaux du barrage bouhamdane –Guelma, Université 8 Mai 1945 Guelma, Mémoire de master. 70p.
50. **Hocine F et al., 2022** : Contribution à l'étude de la qualité microbiologique de l'eau de quelques sources naturelles dans la région de Guelma. Mémoire de master. Université 08 mai 1945 de Guelma, 119p.
51. **Houmeur Z., Bendada M., 2016** : contribution à l'étude des macro invertébrés de bouhamdane.Mémoire de master ; université de Guelma, p : 19 – 24).
52. **J.O.R.A., 2017** : Journal officiel de la république algérienne : Arrêté du Dimanche 8 Chaoual 1438 correspondant au 2 juillet 2017.
53. **Kari N., Laifaoui S., 2013** : Etude de la résistance aux Antibiotiques Chez les Bacilles à Gram négatif isolés à partir des Effluents de deux Hôpitaux de la Wilaya de Béjaia (Akbou et Sidi Aich). Mémoire de Master. Université Abderrahmane MIRA. 95p.
54. **Kouarta R., Hammidi M., 2020** : Analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux du barrage Bouhamdane de Hammam Debagh et quatre forages de la nappe phréatique de Guelma, Mémoire de master, université 8 mai 1945 Guelma, 74p.
55. **Lasfar H., 2016** : Etude du transport solide et de la qualité des eaux de barrage de Zit-Emba (W. DE SKIKDA). Mémoire de master. Université Larbi Ben M'hidi– OUM EL BOUAGHI, Algérie. 174p.

56. **Lemzadmi., Saidi., 2017** : Perte de capacité de stockage en eau dans quelques barrages de l'est Algérien ; Mémoire de master, université 8 Mai 1945 de Guelma. 97p.
57. **Makoui Kh., 2019** : Etude de la qualité des eaux du barrage de Foug El-Kharza de la région de Biskra. Mémoire de master en Hydraulique urbaine, université Mohamed khider – Biskra, Algérie. 86p.
58. **Mokdadi H., Messai A., 2015** : Contribution à l'étude de la qualité physicochimique et bactériologique des quelques zones humides de la wilaya d'El-Oued (Cas du lac Ayata, chott Marouan, lac SIF El-Menadi et chott Halloufa. Mémoire de master. Université d'EL Oued. 103p.
59. **Mostarih R., 2006** : Elaboration de phases hydroxydes doubles lamellaires intercalant des anions sulfate : Etude de leur évolution structurale thermique et hygrométrique. Thèse de Doctorat, Université de Blaise Pascal, France. 168p.
60. **Nauciel C., et Jean-Louis., 2005** : Bactériologie médicale. Masson. 2ème édition. 257p.
61. **Nouadria B., Nouadria S., Ghoulli Y., et Hannech A., 2022** : Contribution à l'analyse bactériologique de l'eau potable « l'Eau de robinet », Mémoire de master, université 8 Mai 1945 Guelma, Algérie. 112p.
62. **OMS .,2000**): Organisation mondiale de santé : directive de qualité de l'eau de boisson 2ème édition, vol 2. Critères d'hygiène et documentation à l'appui.
63. **OMS ., 1998** : Directives de qualité pour les eaux de boisson ; Volume 1 Recommandation. Organisation mondiale de la santé 2ème édition.
64. **Rejsek F., 2002** : Analyse des eaux aspects réglementaires et techniques. Ed CRDP, Aquitaine. France . Article. 358p.
65. **Riguet N., 2019** : Contribution à l'étude de qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de sources (Guedila, Manbaa et El-Kantara) ; cas d'étude la région de Biskra. Mémoire de master ; Université de Biskra, Algérie. 74p.
66. **Segouali W., 2022** : La Qualité Physico-chimique de l'eau Potable de la région de Guelma. Mémoire de master, université 8 Mai 1945 Guelma, Algérie. 79p.
67. **Sehailia N., Noureddine N., 2014** : Etude des peuplements de cyanobactéries et des Paramètres physico – chimiques de l'eau du barrage Bouhamdane - Wilaya de Guelma -, Mémoire de master, université 8 Mai 1945 Guelma, Algérie. 93p.

68. **Soufane S., Laredj M., 2017** : La qualité des eaux de surface de la région de Bekkouche Lakhdar Wilaya de SKIKDA. Mémoire de master, Université Mohammed Seddik Benyahia -Jijel, Algérie. 87p.
69. **Zeraoula A., 2012** : Microbiologie de l'eau d'une zone humide lotique exoreique cas doued messida (OUM TEBOUL – EL-TARF-). Mémoire master. Université 08 Mai 1945 Guelma, Algérie. 102p.

Sites web :

70. <https://fr.scribd.com/document/450707256/L-eau>
71. <https://fr.scribd.com/document/479898085/Expose-Sur-l-eau>
72. <https://fr.scribd.com/document/407263937/Analyses-Physico-Chimiques-Des-Eaux-Ok>
73. <https://www.anses.fr/fr/system/files/EAUX-Ra-MoisissuresEaux.pdf>
74. <http://sitada.free.fr/0202struct.htm>
75. http://settah.canalblog.com/albums/barrage_zit_el_amba/index.html
76. https://www.larep.fr/orleans-45000/actualites/pollution-agricole-des-traces-du-passe-demeurent-dans-l-eau_12623521/
77. <https://www.curieux.live/2022/05/17/le-cycle-de-leau-se-modifie-et-alors/>
78. <https://www.vetofish.com/definition/pollution-domestique>
79. <https://www.aquaportail.com/definition-6020-bacterie-coliforme.html>
80. https://www.humeau.com/media/blfa_files/TC_oeupplementvselectif_7701092080FR_151019_77010920802.pdf
81. <https://www.topsante.com/themes/escherichia-coli>

Résumé

L'eau, qui est absolument nécessaire à la vie, peut simultanément introduire dans le corps humain des agents pathogènes, qui sont des produits chimiques ou des germes pathogènes (virus, bactéries, parasites) qui doivent affecter la santé publique.

Dans cette étude, nous avons effectué au niveau du laboratoire de l'université de Guelma des analyses sur la qualité microbiologique des eaux de deux barrages : Bouhamdane (Guelma) et du barrage de Zit-Emba (Skikda).

Les résultats des analyses obtenus grâce à cette étude indiquent que les deux eaux de barrages analysées contiennent au minimum un des germes pathogènes ou indicateurs de contamination fécale avec des valeurs qui sont supérieures aux normes prescrites par les réglementations (Normes Algériennes et norme d'Organisation Mondiale de la Santé) et qui sont de mauvaise qualité microbiologique (avec une différence dans l'intensité de la pollution d'un barrage à l'autre).

Nos résultats montrent que l'eau du barrage de Zit-Emba est de bonne qualité microbiologique que l'eau du barrage de Bouhamdane.

Les mots clés : Eaux de barrages, contamination fécale, qualité microbiologique, germe pathogène, Guelma, Skikda.

Abstract

Water, which is absolutely necessary for life, can simultaneously introduce into the human body pathogens, which are chemicals or pathogenic germs (viruses, bacteria, parasites) that must affect public health.

In this study, we carried out at the level of the laboratory of the University of Guelma analyzes on the microbiological quality of the waters of two dams: Bouhamdane (Guelma) and the dam of Zit-Emba (Skikda).

The results of the analyzes which was done in this study indicate that the two dam waters analyzed contain at least one of the pathogenic germs or indicators of faecal contamination with values which are higher than the standards prescribed by the regulations (Algerian Standards and World Organization standard of Health) and which are of poor microbiological quality (with a difference in the intensity of the pollution from one dam to another).

Our results shows that the water from the Zit-Emba dam is a good microbiological quality than the water from the Bouhamdane dam.

Key words: Water from dams, fecal contamination, microbiological quality, pathogenic germ, Guelma ,Skikda .

الماء الذي هو ضروري لحياة الانسان، يمكن أن تدخل في نفس الوقت في جسم الإنسان الباثوجينات التي هي مواد كيميائية أو جراثيم مسببة للأمراض (فيروسات، بكتيريا، طفيليات) يمكن أن تؤثر على الصحة العامة.

في هذه الدراسة التي أجريتها على مستوى مختبر جامعة قالمة قمنا بتحليل الجودة الميكروبيولوجية لمياه السدين: بوحمدان (قالمة) وسد زيت امبا (سكيكدة).

تشير نتائج التحليلات التي تم إجراؤها في هذه الدراسة إلى أن مياه السدين التي تم تحليلها تحتوي على واحد على الأقل من الجراثيم المسببة للأمراض أو مؤشرات تلوث برازي بقيم أعلى من المعايير المنصوص عليها في اللوائح (المعايير الجزائرية ومعايير المنظمة العالمية للصحة) وذات جودة ميكروبيولوجية رديئة (مع اختلاف شدة التلوث من سد إلى اخر).

تظهر نتائجنا أن مياه سد زيت-إمبا ذات جودة ميكروبيولوجية جيدة مقارنة بمياه سد بوحمدان.

الكلمات المفتاحية: مياه السدود ، التلوث البرازي ، الجودة الميكروبيولوجية ، الجراثيم المسببة للأمراض. قالمة، سكيكدة.