

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 8 ماي 1945 قالمة

Université 8 Mai 1945 Guelma

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



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Alimentaires

Spécialité/Option : Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire

Département : Biologie

Thème

**Évaluation de la qualité microbiologique de l'eau potable
(Eau de robinet) et l'eau de quatre sources naturelles dans la
région de Guelma**

Présenté par :

Selaimia Nora

Boukerche Majeda

Devant le jury composé de :

Grade

Président : Malek Insaf

(M.C.B)

Université de Guelma

Examineur : Guettaf.Mohamed

(M.C.A)

Université de Guelma

Encadreur : Bouteldja Meryem

(M.C.B)

Université de Guelma

Juin 2023

Remerciement

A dieu pour ma voir donné le courage, la force et la volonté dans les moments difficiles pour réussir d'éditer ce mémoire.

Nous tenons à remercier notre encadrante Dr.Boutelja Meryem. Pour l'honneur qu'elle nous a fait en dirigeant ce travail, ça ne nous sera jamais suffisant pour lui exprimer notre grande reconnaissance pour la confiance qu'elle nous a acceptés pour faire avancer ce travail, pour son savoir de biologiste, sa patience et sa gentillesse pour ses aides, ses conseils, tout au long de l'élaboration de ce modeste travail.

Nous tenons également à présenter nos plus vifs remerciements à notre président de jury, Dc. Malek.Insaf qui nous a fait le grand honneur qu'elle nous a fait en acceptant de présider La commission d'examen de ce mémoire. Qu'il trouve ici le témoignage de notre profond respect et de notre sincère reconnaissance.

A notre président de jury, Dr.Guettaf Mohamed qui nous a fait le grand honneur de présider ce mémoire. Qu'il trouve ici le témoignage de notre profond respect et de notre sincère reconnaissance.

Au Laborantin M. Djiradi Abderrahmane, Chef service du Laboratoire d'Hygiène au niveau de direction de la santé et population la wilaya de Guelma nous tenons à lui adresser un remerciement tout particulier et d'une manière générale Nous tenons aussi à remercier l'ensemble du personnel toutes les microbiologistes de ce laboratoire (Sofia. S, Djahida, Radja) pour nous avoir accordé l'accès au Laboratoire d'Hygiène, avec cotutelle, pour leurs précieux commentaires et leurs conseils pertinents et de nous avoir tellement aidés à réaliser nos expérimentations pendant toute la période du stage. Nous n'oublierons jamais leur soutien scientifique ainsi que morale et l'ambiance exceptionnelle Le lien qui nous a beaucoup aidés durant les différentes étapes qui ont conduit à l'élaboration de cette thèse.

Dédicace

Ces quelques lignes permettront de remercier les responsables et les personnes qui ont contribué de près et de loin à la réalisation de ce travail tant au niveau scientifique qu'au niveau personnel, et sans leur savoir et leur aide, ce travail n'aurait pas pu aboutir à sa fin. Je tiens à remercier M. Slimanni Walid, Directeur de L'établissement Public de santé de proximité de la Wilaya de Guelma, pour son soutien constant, ses précieux conseils, son bonne orientation et son encouragement continu qu'il m'a manifestés durant la réalisation de ce travail.

J'exprime mes remerciements le groupe de secteur de santé Dr.Allioui .N Médecin chef et le personnels du laboratoire de EPSP Guelma le chef service Mme. Mouadna.H et mes collègues biologistes Séridi. A, Asma, Bskri S et Chaabna N.

A mon cher père Selaimia Rachid, avant tout et pour toujours, que j'adore et je souhaite le voir toujours à mes côtés.A ma mère KACHI EL ZAHRA qui est morte avant d'avoir vu mon succès.

A ma grande sœur Warda Les mots me manquent pour te qualifier pour me soutenir, m'encourager et être à mes cotés dans les moments les plus difficiles.

A ma chère et proche sœur Mona, qui a toujours été à cotés, je vous remercie pour votre soutien et je te souhaite une prompte guérison, Mes très chers frères et mes sœurs, , les femmes de mes frères, A tous mes neveux et nièces , Ma tante Maternelle. H pour leurs appui et leurs encouragements.

à ma familles proches qui habite IRAQ : Y, S, L, T, M, A Les mots me manquent pour te qualifier , Je ne saurais jamais remercier assez, tout ce que vous étaiés mon soutien moral, la source de ma joie et mon bonheur quotidien.

A ma cousine, la Professeure et l'Enseignante Alioui. Salima qui vit en Arabie Saoudite je remercie pou votre soutien et vos précieux conseils, mon grand amour.

A Mr. K.S l'informaticien qui d'ériger mon travail je remercie pour son effort ne saurait exprimer mon grand respect et ma profonde estime.

A mon binôme Majeda et à tous ceux qui me sont chers et que j'ai omis de citer. Cette humble dédicace ne saurait exprimer mon grand respect et ma profonde estime.

NORA

Dédicace

Je dédie ce travail, fruit de recherche et d'étude

Tous d'abord, louange à Allah qu'il m'a guidé tout au long de ma vie, qu'il m'a donné courage et patience pour passer tous les moments difficiles.

Je dédie ce fruit de 18 ans de mes études surtout

*A mes très chères parents, mon père **Abd El Gheni**, et ma mère **Laila**, qui m'ont entouré de tout pour leur amour, leur tendresse, et pour leur soutien moral et matériel durant toutes les étapes de ma vie.*

*A tous la famille **BOUKERCHE** et **HADJAILIA***

Enfin, j'exprime ma vive et profonde reconnaissance à tous ceux que j'ai oublié de citer et qui de près ou de loin se sont associés pour l'élaboration de ce travail

MAJEDA

Plan De Travail

Introduction.....	15
Chapitre I : Généralité sur l'eau et description du site d'étude.....	18
1. Définition de l'eau.....	19
2-Le cycle de l'eau.....	20
3-Origine et différents types d'eau.....	21
3.1. Les eaux superficielles.....	22
3.2. Les eaux souterraines.....	22
3.2.1. Les eaux de sources.....	22
a. Eau de source naturelle.....	23
b. Eau de source minérale.....	23
4. Usage de l'eau.....	23
1. Usage domestique.....	23
4.1.1. Les eaux de barrage et ces traitements.....	24
4.2. Usage industriel.....	25
4.3. Usage agricole.....	25
5. Importance de l'eau.....	25
5.1. L'eau et la santé.....	25
6. La pollution de l'eau.....	27
6.1. Classification de la pollution.....	27
6.1.1. Classification selon le type du polluant.....	27
6.1.2. Classification selon l'origine de la pollution.....	27
Description générale de la zone d'étude.....	28
1.Situation géographique de la wilaya de Guelma.....	28
3.Réseau hydrographique.....	29
4.Etude climatique de la région de Guelma.....	31
4.1. Température.....	31
4.2..Humidité.....	32
4.3.Précipitation.....	32
4.3.1Précipitation moyenne mensuelle.....	32
Chapitre II : La qualité de l'eau.....	34
1. Qualité de l'eau de source.....	35
2. Qualité l'eau potable (Eau de robinet).....	35
3.Paramètres caractéristique de la qualité des eaux.....	35
3.1. Paramètres Organoleptique.....	36
3.2. Paramètres physico-chimiques.....	37
3.3.Qualité bactériologique.....	39

3.3.1 Paramètre bactériologique.....	39
4. Maladies à transmission hydrique.....	41
Chapitre III Matériels et méthodes.....	50
1. Les sites de prélèvement	51
2. Mode de prélèvement.....	52
3. Transport et conservation au laboratoire	53
4. Analyse bactériologique	55
5. La recherche et dénombrement des germes totaux (FMT Aéro/anaérobie) ...	56
6. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux	58
6.1 Recherche de coliformes totaux.....	59
7. Détermination de l'origine de la contamination fécale	61
7.1 Recherche des streptocoques fécaux (SF).....	62
8. Recherche et dénombrement des bactéries anaérobies Clostridium sulfito- réductrices (ACSR).....	64
9. Recherche des germes pathogènes	66
9.1 Recherche des salmonelles	66
10. Recherche Des Staphylocoques Pathogènes.....	67
11. Recherche de Vibriion cholériques.....	72
12. Recherche et dénombrement des levures et moisissures.....	74
Chapitre IV Résultats et discussion.....	76
Résultats d'analyses bactériologiques.....	77
Résultat des germes totaux (FMT).....	77
2. Résultat des coliformes totaux et coliformes fécaux.....	79
2.1. Résultat des coliformes totaux (CT).....	79
2.2. Les coliformes fécaux (CF).....	80
3. Résultat des streptocoques fécaux.....	82
4. Résultats de la détermination de l'origine de la contamination fécale.....	83
5. Résultat et dénombrement des (ASR)	85
6. Résultats de germes Pathogènes :.....	86
6.1. Résultat des salmonelles.....	86

6.2. Les Vibrio-colériques.....	87
6.3.Résultat des staphylocoques.....	87
6.4.Résultats des levures et moisissures	88
Conclusion.....	92
Références bibliographiques.....	96
Annexes.....	109
Résumé.....	117

Liste des abréviations

% : Pourcentage

(-) : Négatif

(+) : Positif

± : Plus ou moins

° : Degré

° C : Degré Celsius

AFNOR : association Française de Normalisation

ASR : Anaérobies sulfito-réducteurs

BASR : Bactérie anaérobies sulfito-réductrices

BCPL : Bouillon lactose au pourpre de bromocrésol

CF : Coliformes fécaux

CT : Coliformes totaux

D/C : Double concentration

E.coli : Escherichia coli

EPA : eau peptone alcaline

Fig : Figure

GNAB : Gélose nutritive Alcaline et bilée

H₂O : Eau

H : Hydrogène

Km : Kilomètre

Km³ : Kilomètre cube

M : Mètre

M³ : Mètre cube

min : Minute

ml : Millilitre

Mm : Millimètres

Mm/an : Millimètres par an

NPP : Nombre le plus probable

O : Oxygène

OMS : Organisation mondiale de santé

P : Précipitations moyennes annuelles

PH : Potentielle Hydrogène

S/C : Simple concentration

SF : Streptocoques fécaux

SFB : Sélénite-f Broth

SS : Salmonella

T : Température moyennes annuelles

UFC : Unité formant colonie

UFC/ml : Unité formant colonie par millimètre

VF : Viande Foie

µm : Micromètre

Liste des figures

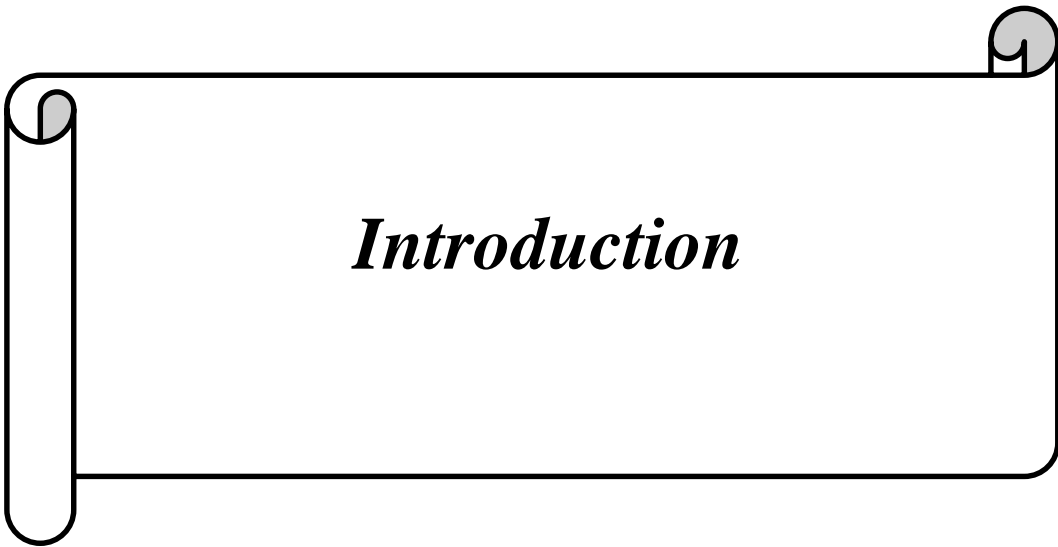
Figure	Titre	Page
01	La répartition de l'eau sur terre	19
02	Géomètre de la molécule d'eau (Perraud, 2009)	20
03	Le cycle de l'eau (Sari, 2014)	21
04	Les teneurs en eau de différents organes d'un corps humain adulte (Hocine et al., 2022)	26
05	L'emplacement géographique de la zone étudiée (Boudra, 2011)	28
06	Géomorphologie de la région de Guelma	29
07	Histogramme des températures moyennes mensuelles à la station météorologique de Guelma (2002 à 2015)	32
08	Histogramme de la précipitation moyenne mensuelle à la station météorologique de Guelma (2002 à 2015)	33
09	Observation microscopique de Vibrio cholerae	43
10	Changement de la mesure annuelle de la prévalence de la fièvre typhoïde en Algérie au fil du temps (2000-2015)	44
11	Examen microscopique de Shigella dysenteriae (X1850) (03)	45
12	Observation microscopique d'E. coli (04)	46
13	Examen microscopique de Staphylococcus aureus à un grossissement de X 10000	47
14	Localisation des six zones d'études sur la carte des limites administratives	52
15	Quelques photos des sources de l'eau étudiées.	55
16	protocole de dénombrement des FMAT (photo personnelle).	57

17	Protocol de recherche des Coliformes totaux et Fécaux (Photo Personnelle).	61
18	Protocol de Recherche des Streptocoque Totaux et Fécaux (photo Personnelle).	63
19	Etapas détaillés de mode opératoire du dénombrement des Clostridium Sulfito Réducteurs.	65
20	Protocole de Recherche De Salmonelle (photo personnelle).	67
21	Protocole de recherche de Staphylococcus (photo personnelle).	69
22	Recherche d'oxydase (Alia et al., 2018).	69
23	Résultat d'oxydase.	70
24	Protocole de recherche de Vibrion cholera (photo personnelle).	74
25	Protocole Recherche et dénombrement des levures et Moisissures (photo Personnelle).	75
26	Evolution des germes totaux à 37°C de l'eau de quatre sources et deux points de l'eau potable durant 3 échantillonnages dans le mois de Février, Mars et Avril.	78
27	Variation CT (coliformes totaux) /100 ml des eaux de quatre sources d'eau naturelle et deux points de l'eau de robinet durant (Février, Mars et Avril 2023).	79
28	Variation des CF (coliformes fécaux) /100 ml des eaux de quatre sources d'eau naturelle et deux points de l'eau de robinet durant (Février, Mars et Avril 2023).	81

29	Variation des SF (streptocoques fécaux) /100 ml des eaux de quatre sources d'eau naturelle et deux points de l'eau de robinet durant (Février, Mars et Avril 2023).	83
30	Variation des ASR/22 ml (anaérobies sulfito-réductrices) des eaux des quatre sources et deux points de l'eau de robinet (Février , Mars et Avril 2023).	85
31	Variation des levures et moisissure des eaux des quatre sources et Point de l'eau de robinet (Février, Mars et Avril 2023).	89

Liste des tableaux

N/ Tableau	Titre de tableau	Page
01	Valeurs moyennes mensuelles de la température, précipitation et Humidité de l'air, enregistrées en 2002 jusqu'à 2015 (Station météorologique de Guelma).	32
02	Principaux agents bactériens pathogènes présents dans les fèces et les maladies transmises	42
03	Caractéristiques de survie et de croissance des <i>Vibrio cholerae</i>	41
04	Normes des quelques paramètres physico-chimiques.	48
05	Normes des quelques paramètres biologiques.	48
06	Les différents échantillons et leur date de lieu de prélèvement.	54
07	Origine de la pollution selon le rapport Coliformes fécaux / Streptocoques fécaux (CF/SF).	84



Introduction

Introduction

L'eau, qui recouvre 72% de la surface terrestre, est le composé chimique le plus abondant sur notre planète, d'où le surnom de "planète bleue", sa majeure partie, soit 97,2%, est de l'eau salée, présente dans les mers, les océans et certaines sources souterraines. L'eau douce ne représente que 2,8% de la quantité totale d'eau sur Terre. Sur ce petit pourcentage, les glaces polaires en constituent 2,1%, tandis que seulement 0,7% est de l'eau douce disponible. En raison de ses propriétés physiques et chimiques uniques par rapport à d'autres liquides, l'eau joue un rôle essentiel dans les processus vitaux et fournit les conditions appropriées pour la vie (**Nebel et Wright, 1996**).

Dans de nombreux pays, en particulier dans les nations en développement, l'accès à l'eau est désormais crucial pour la santé publique et le développement économique. Les besoins en eau des populations varient considérablement en fonction de la situation géographique et du niveau de développement des villes. De plus, toutes les activités humaines telles que l'alimentation, l'hygiène corporelle, le lavage du linge, la vaisselle et le logement sont étroitement liées à l'eau. La qualité de l'eau utilisée pour chaque usage a un impact sur notre santé et peut entraîner diverses maladies, telles que des affections cutanées, visuelles, urinaires et intestinales (**Gueroui, 2015**).

Il existe plusieurs sources d'approvisionnement en eau potable pour la population, mais les sources d'eau les plus fréquemment utilisées pour la consommation humaine sont premièrement, les eaux souterraines provenant de puits et forages, mais leur exploitation est difficile en raison de l'accès limité. Où environ 97 % de toutes les eaux douces liquides présentes sur terre sont des eaux souterraines (**Bosca, 2002**). Deuxièmement ; les eaux de surface telles que les lacs, les rivières et les barrages qui se sont les plus exposées à la pollution. Elles peuvent devenir une source de maladies d'origine hydrique causées par des bactéries, des virus ou des parasites.

On générale, l'eau prélevée dans la nature n'est pas directement utilisable pour la consommation humaine en raison de la présence d'éléments liés à l'activité humaine tels que les nitrates, la matière organique, les pesticides, les matières en suspension et les micro-organismes. C'est pour cela l'eau potable doit répondre à des normes sanitaires strictes, afin de ne contenir aucun germe nocif pour la santé. Elle doit également être claire, sans particules ni odeur désagréable.

Introduction

Selon (Merzoug et al., 2010), entre 75 et 90 % de la population mondiale utilise de l'eau provenant de sources souterraines. Ces eaux souterraines sont généralement de bonne qualité et constituent une excellente source d'eau douce. Cependant, leur exploitation présente un avantage économique considérable qui nécessite des mesures durables pour protéger leur qualité (Schriver-Mazzuoli, 2012).

Étant donné que la consommation d'eau contaminée contenant des microorganismes pathogènes est à l'origine de nombreuses maladies et pose un véritable problème de santé publique. Dans les pays où les conditions sanitaires sont respectées, les organismes pathogènes sont principalement responsables de gastro-entérites qui restent généralement à des niveaux endémiques. En revanche, dans les pays où les conditions sanitaires sont précaires, les maladies d'origine hydrique peuvent entraîner des épidémies beaucoup plus graves (OMS, 1994).

Ainsi, la surveillance de la qualité de l'eau revêt une importance cruciale dans le domaine de la santé publique, car elle peut entraîner des conséquences dévastatrices pour l'environnement, l'organisme humain et même la santé d'une population entière (Roux, 1987).

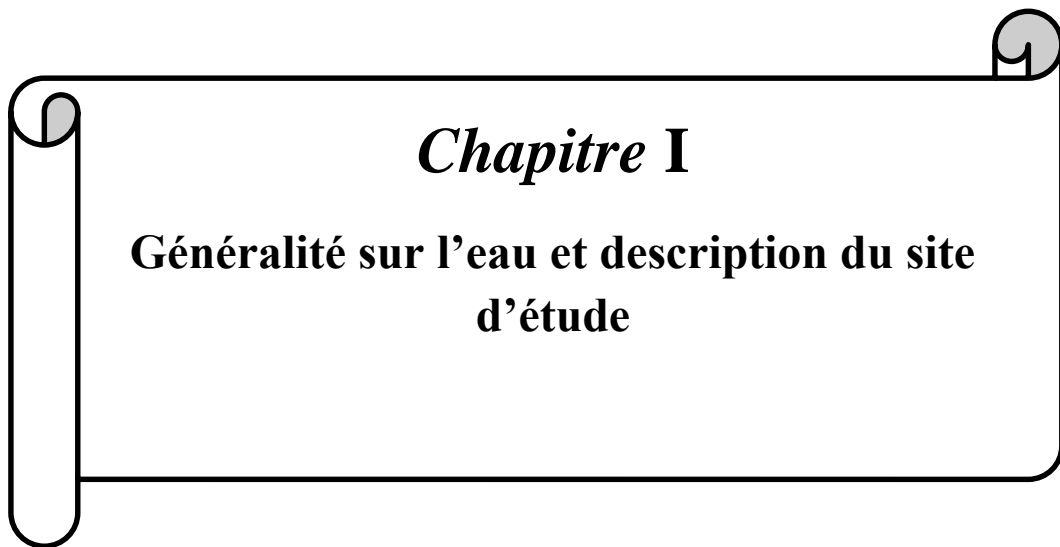
Puisque dans la Wilaya de Guelma, où se déroule notre étude, l'eau souterraine est continuellement utilisée comme source de base d'eau potable, et vue cette situation et l'importance majeure des eaux des sources dans la région. Le présent travail s'intéresse à l'étude de la qualité bactériologique de quatre sources d'eau parmi les plus utilisés dans la Wilaya, en plus des deux échantillons à partir d'eau de robinet des maisons.

Pour mener à bien cette étude et atteindre nos objectifs, nous avons organisé notre démarche en deux parties étroitement liées entre elles.

- I. La première partie de notre étude consiste en une revue bibliographique composée de deux chapitres. Le premier chapitre aborde les notions générales sur l'eau et met en évidence son importance et traite des différents types de pollution leurs conséquences sur la santé humaine et le deuxième chapitre s'intéresse aux qualités de l'eau.
- II. La partie expérimentale qui comprend deux chapitres ;
 - Le premier chapitre décrit le matériel utilisé et les méthodes d'analyse employées pour ce travail, notamment les analyses bactériologiques (recherche et dénombrement des différents microorganismes) dans l'eau.

Introduction

- Le deuxième chapitre présente les résultats obtenus et leur discussion. Enfin, une conclusion générale récapitule les principaux résultats obtenus.



Chapitre I : Généralité sur l'eau et description du site d'étude

A. Généralité sur l'eau

1. Définition de l'eau

Le mot "eau" est un nom féminin d'origine latine qui désigne un corps liquide, incolore, insipide et inodore à température ambiante. Dans l'antiquité, elle était considérée comme l'un des quatre éléments fondamentaux, aux côtés de la terre, du feu et de l'air. L'eau est indispensable à la vie, constituant le substrat fondamental des activités biologiques et représentant en moyenne 70% du poids des êtres vivants.

La quasi-totalité de l'eau disponible sur terre (97%) est stockée dans les océans (**Figure 01**) et qui est salée, donc inutilisable pour les besoins humains. Les 3% restants d'eau douce ne sont toutefois pas tous directement accessibles à l'homme. Environ 68,3% de cette eau douce se trouve sous forme solide dans les glaciers, alors que seulement 31,4% est disponible sous forme liquide dans les nappes phréatiques, les lacs, les rivières et l'eau présente dans les organismes vivants. Une petite proportion de ces 31,4% se trouve sous forme de vapeur d'eau dans l'atmosphère (**Assouline et Assouline, 2007**).

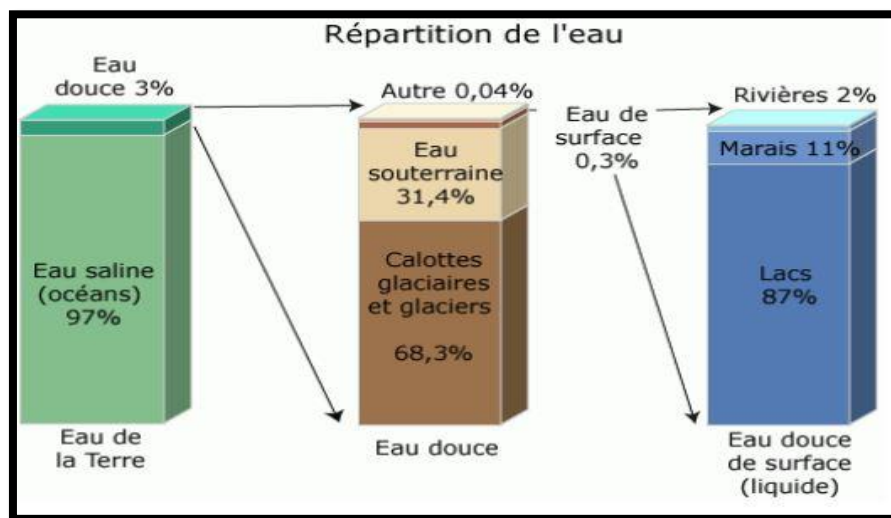


Figure 01 : La répartition de l'eau sur terre (Vasco, 2017).

La composition de la molécule d'eau, dont la formule est H_2O , est constituée d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène. Les atomes d'hydrogène sont liés à l'atome d'oxygène par des liaisons covalentes, formant ainsi une structure moléculaire particulière. La masse molaire de l'eau est de 18 grammes, comme indiqué dans les travaux de (**Schrivier – Mazzuoli en 2012**)

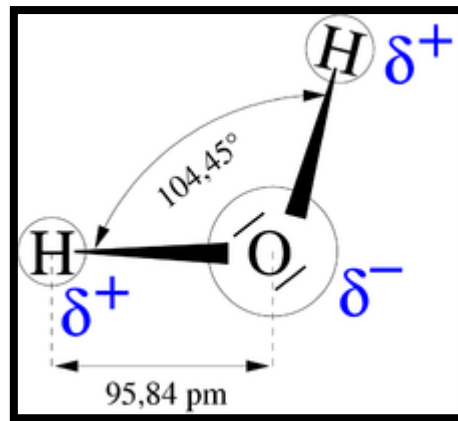


Figure 02 : Géométrie de la molécule d'eau (Perraud, 2009).

L'eau présente des propriétés physico-chimiques remarquables qui la distinguent des autres liquides, notamment sa capacité à agir comme un excellent solvant. En effet, elle est capable de dissoudre de nombreux gaz, corps minéraux et organiques, d'ioniser les électrolytes et de disperser les algoïdes.

L'eau présente dans l'écosphère sous trois états différents : solide, liquide et gazeux, qui dépendent des conditions spécifiques de température et de pression (Michard, 2002). C'est un élément naturel d'une importance primordiale et indispensable à toute forme de vie. L'eau est une ressource essentielle pour toutes les activités humaines, et elle est un facteur de production clé dans le développement durable. En raison de son importance croissante, elle est devenue un enjeu stratégique majeur (Bazizi, 2008).

2-Le cycle de l'eau

Le processus naturel de circulation de l'eau sur terre est communément appelé cycle de l'eau, qui implique des étapes clés telles que l'évaporation des océans, des eaux terrestres et de la végétation, la précipitation sous forme de pluie ou de neige, l'infiltration, le ruissellement ou l'écoulement souterrain, et la sortie aux exutoires. Cependant, la quantité d'eau impliquée dans chaque phase du cycle et la durée de ces phases sont souvent méconnues, la figure 02 ci-dessous représente le cycle de l'eau.

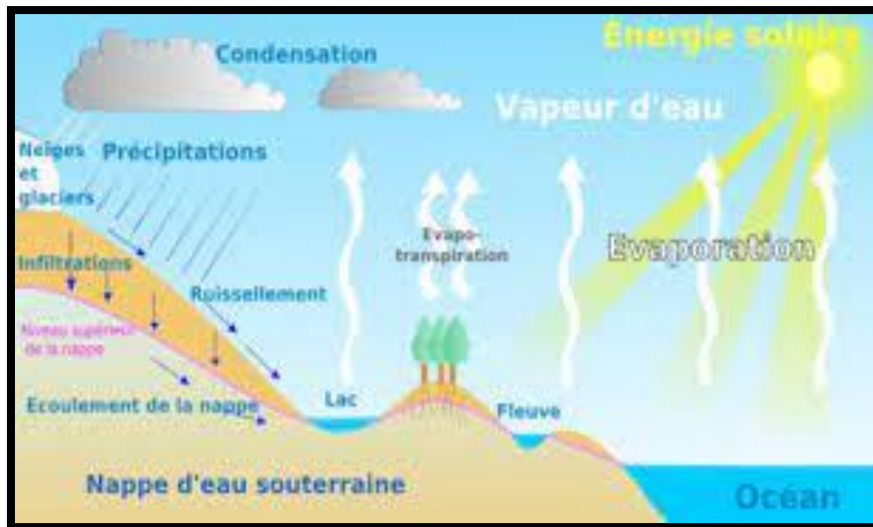


Figure 03 : Le cycle de l'eau (Sari, 2014)

En somme, les processus clés du cycle de l'eau sont les suivants : Tout d'abord, l'évaporation : sous l'effet de la chaleur solaire, l'eau des océans, des rivières et des lacs s'évapore et s'élève dans l'atmosphère.

Ensuite, la condensation : au contact de couches d'air froid, la vapeur d'eau se transforme en minuscules gouttelettes qui, sous l'influence des vents, se regroupent pour former des nuages.

Troisièmement, les précipitations : les nuages libèrent leur contenu sous forme de pluie, de neige ou de grêle. Quatrièmement, le ruissellement : la majeure partie de l'eau tombe directement dans les océans, tandis que le reste s'infiltre dans le sol pour alimenter les nappes phréatiques et les sources, ou s'écoule vers les rivières, qui, à leur tour, alimentent les océans et recommencent ainsi le cycle de l'eau (Chelli et al., 2013).

3-Origin et différents types d'eau

L'origine des eaux et les relations entre leurs compositions peuvent nous aider à envisager sur la base du mode de gisement, deux sources principales d'eau :

- Les eaux superficielles : les eaux des oueds, des lacs, des océans et des mers.
- Les eaux souterraines accumulées dans les nappes.

3.1. Les eaux superficielles

Les masses d'eaux de surface sont des corps d'eau solides ou liquides, immobiles ou en mouvement, qui sont clairement définis et qui sont en contact étroit avec le sol d'un côté et l'atmosphère de l'autre. Ces masses d'eau proviennent de l'eau des précipitations et comprennent les eaux des ruisseaux, rivières, fleuves, étangs, lacs, barrages-réservoirs et glaciers (**Vilagines, 2010**). La qualité de ces eaux dépend fortement des phénomènes saisonniers et des événements météorologiques, tels que la prolifération des algues et des planctons. En raison de leur capacité d'adsorption très limitée et de l'absence d'un mécanisme de filtration, les solides dissous ou non peuvent rapidement se propager, ce qui rend la qualité des eaux superficielles très fluctuante. De plus, ces eaux sont souvent fortement contaminées par des micro-organismes pathogènes, provenant notamment des eaux de ruissellement sur les surfaces agricoles et forestières, des déversements d'eaux usées et de la sédimentation des polluants de l'air (**Arab., Oudafel, 2015**).

3.2. Les eaux souterraines

Lorsque l'eau de surface s'infiltré dans le sol, une partie reste à la surface des grains ou des micro-interstices. La quantité d'eau retenue dépend des caractéristiques du sol et est appelée "capacité de rétention" (**Vilagines, 2010**). L'autre partie de l'eau de surface s'écoule vers les nappes phréatiques sous l'effet de la pesanteur. Ces eaux représentent environ 22% des réserves d'eau douce (environ 1000 milliards de m³) et proviennent de l'accumulation d'infiltrations dans le sol, qui dépendent de la porosité et de la structure géologique du sol. Les eaux souterraines sont généralement de meilleure qualité physico-chimique et microbiologique que les eaux de surface car elles sont protégées de la pollution (**Aissaoui, 2013**). Cependant, leur consommation dépend de leur teneur en éléments chimiques et minéraux, qui doivent respecter les normes de potabilisation

3.2.1. Les eaux de sources

Les eaux de sources proviennent de l'infiltration des eaux souterraines et représentent environ 20% des réserves d'eau sur Terre, soit environ 1000 millions de m³. Pour être considérée comme une eau de source, celle-ci doit être à la fois microbiologiquement saine et protégée contre les risques de pollution. De plus, lors de son émergence et de sa commercialisation, elle doit respecter ou satisfaire les mêmes limites ou références de qualité que celles définies pour les eaux potables, tant sur les paramètres microbiologiques que

physico-chimiques. Les eaux de source sont exploitées à partir d'une ou plusieurs émergences naturelles ou forées, comme le précise (**Debabza, 2005**). La qualité des sources d'eau potable peut également être affectée par d'autres risques de pollution dans les transports (navire, rail, route), l'industrie ou les milieux urbains liés aux sols contaminés. La pollution de l'eau est donc un enjeu important dans le cadre des sources d'eau potable et de leur protection (**Guérineau, 2013**).

a. Eau de source naturelle

Pour être considérée comme une eau de source, celle-ci doit être d'origine souterraine et avoir été protégée contre toute forme de pollution. Elle ne doit en aucun cas avoir été traitée chimiquement ou avoir subi l'ajout d'additifs. Ainsi, une eau de source doit être naturellement conforme et respecter les critères de potabilité définis, comme l'indique (**Alouane, 2012**)

b. Eau de source minérale

Les eaux minérales naturelles sont également d'origine souterraine et doivent être protégées de toute pollution. Elles présentent des caractéristiques chimiques stables et, contrairement à l'eau de source, ne sont pas considérées comme potables au sens réglementaire. En effet, leur teneur en substances minérales est trop élevée pour être consommée exclusivement comme boisson. Ainsi, les eaux minérales sont soumises à des autorisations spécifiques, après analyse de leurs effets thérapeutiques, et peuvent être classées selon leur teneur en minéraux en eau très peu minéralisée, eau sulfatée calcique et eau bicarbonatée sodique. (**Alouane, 2012**).

4. Usage de l'eau

L'eau est un élément vital pour toutes les formes de vie, y compris les êtres humains, les animaux et les plantes. En plus de son importance pour la survie, l'eau est essentielle pour de nombreuses activités humaines. On peut distinguer différents types d'utilisation de l'eau.

4.1. Usage domestique

Cette catégorie d'usage de l'eau comprend les prélèvements destinés à la consommation personnelle, ainsi que ceux des établissements commerciaux, des services publics et autres utilisations municipales. Elle peut également inclure des données de prélèvements réalisés par des usines qui sont raccordées au système d'égout (**Grosconde, 1999**)

D'après **Defrance Schki (1996)**, un individu consomme en moyenne 230 litres d'eau par jour, dont seulement 1% est utilisé pour la boisson et 6% pour la préparation des aliments. Les 93% restants sont dédiés aux activités domestiques, notamment les bains et douches (39%), les toilettes (20%), le lavage du linge (12%), la vaisselle (10%), divers usages ménagers (10%) et le lavage des voitures ainsi que l'arrosage du jardin (6%)

4.1.1. Les eaux de barrage et ces traitements

L'eau de barrage est une source d'eau douce qui est obtenue en retenant les cours d'eau à l'aide de barrages. Les barrages permettent de stocker l'eau qui peut ensuite être utilisée pour l'irrigation, la production d'énergie hydroélectrique ou la production d'eau potable.

Cependant, l'eau de barrage peut contenir des sédiments, des matières organiques, des nutriments, des micro-organismes et des polluants chimiques provenant des activités humaines telles que l'agriculture, l'industrie et l'urbanisation. Par conséquent, l'eau de barrage doit subir un traitement pour la rendre potable.

Le traitement de l'eau de barrage comprend plusieurs étapes telles que la coagulation, la floculation, la décantation, la filtration et la désinfection. Ces étapes permettent de retirer les impuretés, les particules en suspension et les micro-organismes présents dans l'eau. Le traitement peut également inclure l'ajout de produits chimiques pour équilibrer le pH de l'eau et éliminer les contaminants.

Des études ont été menées pour évaluer l'efficacité du traitement de l'eau de barrage. Par exemple, une étude menée en Australie a montré que le traitement de l'eau de barrage à l'aide d'une combinaison de coagulation, floculation et filtration était efficace pour éliminer les matières organiques et les sédiments, mais pas suffisamment pour éliminer les micro-organismes pathogènes. Par conséquent, la désinfection était nécessaire pour assurer la sécurité microbiologique de l'eau traitée (**Huston et al., 2017**).

Donc, la généralisation de la pollution a nécessité la création de stations d'épuration et l'obligation de protéger leur qualité lors de la distribution. Les améliorations apportées au système ont évolué vers la séparation et le retrait du point de distribution de la source d'eau, puis le rapprochement des points de distribution et de consommation afin de réduire le risque de contamination de l'eau par altération.

4.2. Usage industriel

Les industries consomment de grandes quantités d'eau pour différentes utilisations telles que le nettoyage, le transport hydraulique et les systèmes de refroidissement, en particulier pour les usines non raccordées au système d'égout municipal (**Julien, 2007**). Dans la production d'aliments, les substances primaires et les solvants et milieux réactionnels dans l'industrie chimique, l'eau est également une ressource indispensable (**Degremont, 1989**)

4.3. Usage agricole

L'agriculture est le secteur le plus consommateur d'eau. Les prélèvements comprennent l'irrigation et l'élevage du bétail (**Ramade, 1981**). Selon les rapports de (**Shiklomanov, 1999**) et (**Marsily, 2006**), ces prélèvements sont minimes dans les pays tempérés, mais dans les régions les plus sèches, l'agriculture doit avoir recours à l'irrigation, ce qui augmente considérablement sa part dans les prélèvements.

5. Importance de l'eau

L'eau est indispensable à la vie, il joue un rôle crucial dans le fonctionnement global de la planète terre. Elle recouvre environ 70-80% de la surface terrestre et est au cœur des écosystèmes naturels ainsi que de la régulation climatique (**Lassoued et Touhami, 2008**).

L'eau est une ressource vitale pour l'ensemble de l'humanité et le reste du monde vivant. Elle est la matière la plus abondante dans les organismes vivants, atteignant jusqu'à 90% de leur poids pour certains êtres vivants, qu'ils soient animaux ou végétaux (**Monod, 1989**).

Toute forme de vie sur terre a besoin d'eau pour survivre, car elle est essentielle à la croissance et à la reproduction. Les corps humains sont composés d'environ 75% d'eau, et cette substance permet à notre sang de transporter les nutriments essentiels à travers notre corps. L'eau joue également un rôle dans l'élimination des déchets du corps via le système excréteur. En somme, l'eau est un élément vital qui est indispensable pour la survie de toutes les formes de vie sur terre.

5.1. L'eau et la santé

Environ deux tiers de l'eau présente dans le corps humain se trouve à l'intérieur des cellules. Cette eau est la base essentielle de notre organisme et joue également un rôle crucial

dans notre intelligence et notre sensibilité, comme l'a souligné Bernard en 2006 (Bernard, 2006).

La quantité d'eau dans le corps varie en fonction de l'âge et du sexe. En moyenne, un corps humain adulte contient environ 68% d'eau. Cette eau est répartie différemment selon les parties du corps, avec environ 80% dans le sang, 4,5% dans le plasma et 30% dans les os. Pour la peau, la couche cornée contient environ 12 à 15% d'eau tandis que le derme en contient environ 60 à 70%. Enfin, le milieu extracellulaire contient environ 16% d'eau (Figure 04).

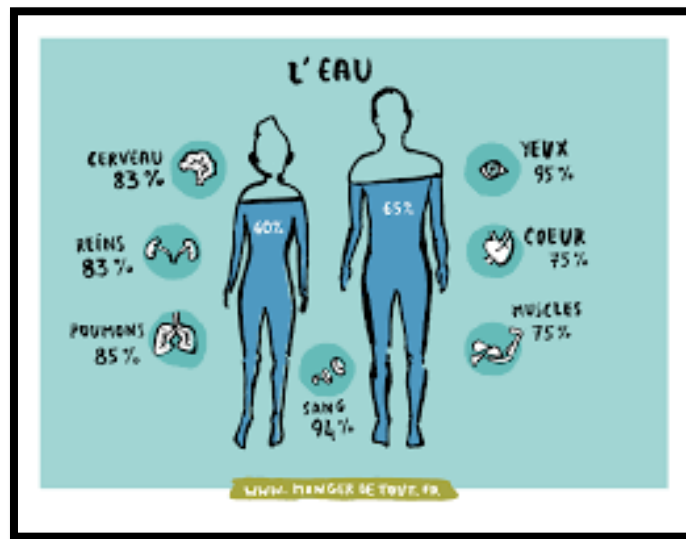


Figure 04 : Les teneurs en eau de différents organes d'un corps humain adulte (Hocine et al., 2022).

L'eau est primordiale pour maintenir l'équilibre hydrique de l'organisme et garantir une physiologie optimale. Cependant, pour être utilisable, l'eau doit être débarrassée de toutes substances indésirables ou toxiques telles que les métaux lourds, les composés organiques ou les organismes pathogènes. La consommation quotidienne recommandée est de 1,5 à 2 litres d'eau par personne, en choisissant une eau plate et modérément minéralisée. Selon leurs caractéristiques physico-chimiques, les eaux peuvent avoir des indications spécifiques pour la boisson, l'inhalation, l'injection ou l'application cutanée. Cependant, les maladies liées à l'eau sont nombreuses, particulièrement dans les pays en développement où 80% des maladies sont causées par l'eau et où environ trois millions de personnes meurent prématurément chaque année.

Les maladies diarrhéiques sont la principale cause de décès chez les enfants de moins de cinq ans, et sont pour 88% imputables à la mauvaise qualité de l'eau, à l'assainissement insuffisant ou à l'hygiène défectueuse (**Hugonin, 2011**).

6. La pollution de l'eau

On peut décrire la pollution ou la contamination de l'eau comme étant la détérioration de ses propriétés physiques, chimiques et biologiques causée par des substances étrangères ou des matières indésirables. Les déversements, les rejets et les dépôts directs ou indirects de substances telles que les microorganismes, les produits toxiques et les déchets industriels peuvent contribuer à cette contamination (**Tekfi, 2006**).

6.1. Classification de la pollution

6.1.1. Classification selon le type du polluant

Il est possible de classer la pollution selon différents critères. Selon le type de polluant présent, on peut distinguer trois types principaux de pollution

- **Pollution physique**

La contamination de l'eau peut être causée par l'émission de rejets industriels, qui introduisent des quantités importantes de produits chimiques dans l'eau, dont certains sont non biodégradables, (**Melghit, 2012**)

- **Pollution biologique**

Cette forme de pollution est liée à la présence de micro-organismes tels que des bactéries, des virus, des parasites, des champignons et des efflorescences planctoniques dans l'eau, ce qui peut affecter la santé humaine et animale (**Oubagha, 2011**).

6.1.2. Classification selon l'origine de la pollution

- **Pollution domestique**

La pollution domestique est causée principalement par les eaux usées, les déchets ménagers et les matières fécales, qui contribuent à la dégradation de l'environnement récepteur (**Roques, 1979**).

▪ Pollution agricole

La pollution agricole découle principalement de l'utilisation intensive et inappropriée des engrais chimiques et des pesticides, ce qui a un impact néfaste sur la qualité de l'eau (Roques, 1979).

▪ Pollution industrielle

La pollution agricole découle principalement de l'utilisation intensive et inappropriée des engrais chimiques et des pesticides, ce qui a un impact néfaste sur la qualité de l'eau (Roques, 1979).

B. Description générale de la zone d'étude

1. Situation géographique de la wilaya de Guelma

Guelma, une ville située dans la partie Est de l'Algérie, se trouve à environ 60 kilomètres de la mer Méditerranée, à 100 kilomètres de la métropole Constantine et à 150 kilomètres de la frontière tunisienne. En raison de son emplacement géographique central, elle est stratégiquement située entre le Nord du pays, les hauts plateaux et le Sud.

La Wilaya de Guelma s'étend sur une superficie de 3 686,84 kilomètres carrés et partage des frontières avec plusieurs autres wilayas :

- ❖ Nord, la wilaya d'Annaba ;
- ❖ Nord-Ouest, la wilaya de Skikda ;
- ❖ L'Ouest, la wilaya de Constantine ;
- ❖ Sud, la wilaya d'Oum El-Bouaghi ;
- ❖ L'Est, la wilaya de Souk Ahras ;
- ❖ Nord-Est, la wilaya d'El Taraf (Figure 05) (Boudra, 2011).

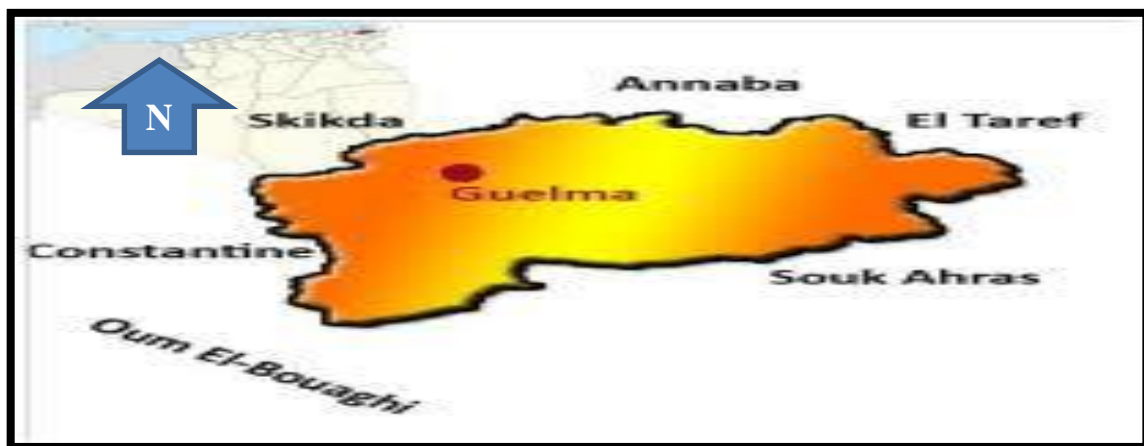


Figure 05 : L'emplacement géographique de la zone étudiée (Boudra, 2011)

2. Relief :

La géographie de la wilaya de Guelma est dominée par un relief diversifié caractérisé essentiellement par une importante couverture forestière et le passage de la Seybouse qui constitue le principal cours d'eau. Ce relief se décompose comme suit (Figure 06) :

- ✚ **Montagnes** : elles constituent 37,87% dont les principales sont :
 - ❖ Mahouna (Ben Djarrah) : avec une altitude de 1,411 m.
 - ❖ Haoura (Ain Ben Bayda) : 1,292 m d'altitude
 - ❖ Taya (Bouhamdan) : 1,208 m d'altitude.
 - ❖ D'Bagh (Hammam Debagh): 1,060 m d'altitudes.
- ✚ **Plaines et Plateaux** : 27,22 %
- ✚ **Collines et Piémonts** : 26,29 %
- ✚ **Autres** : 8,67 %

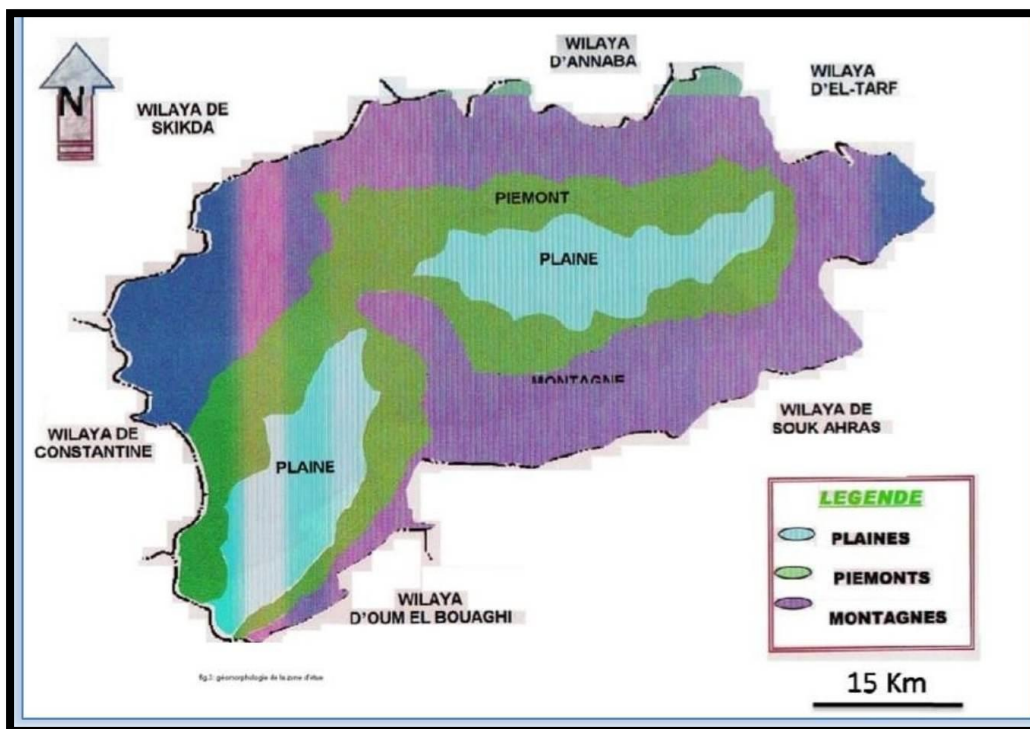


Figure 06 : Géomorphologie de la région de Guelma (Khemis, 2013).

3. Réseau hydrographique

3.1. Hydrogéologie

De manière générale, le territoire de la wilaya de Guelma peut être divisé en quatre zones hydrogéologiques distinctes, correspondant chacune à un sous-bassin versant différent.

- ❖ **La zone des plaines de Guelma et Bouchegouf, qui comprend les moyennes et basses Seybouse**

Chapitre I Généralité sur l'eau et description du site d'étude

Les nappes captives du champ de Guelma s'étendent sur une distance d'environ 40 km le long de la vallée de la Seybouse. Elles sont alimentées par les infiltrations et les ruissellements provenant de l'Oued Seybouse, et présentent un débit exploitable de 385 litres par seconde. Ces nappes constituent les plus importantes de la Wilaya. En ce qui concerne la nappe de Bouchegouf, les alluvions semblent moins perméables que celles de la plaine de Guelma, ce qui pourrait entraîner une capacité de stockage moindre pour cette nappe alluviale.

❖ Les zones des Djebels situées au nord et au nord-ouest

Elle englobe toute la partie nord de la wilaya, ainsi que la partie nord de la région de Guelma le long de l'Oued Zénati. En dehors de la plaine, une grande partie de cette zone est constituée d'argiles rouges numidiennes recouvertes de grès peu perméables. Malgré une pluviométrie relativement importante, cette zone est caractérisée par une faible perméabilité. Cependant, l'infiltration est probablement importante sur les calcaires Crétacés inférieurs des Djebels Débagh et Taya (**Zouaidia, 2006**).

❖ La zone des plaines et des collines de Tamlouka

Dans cette région, il convient de noter que les structures synclinales du Crétacé supérieur peuvent renfermer des nappes d'eau actives qui sont alimentées par des infiltrations à partir des calcaires, même lorsque ces derniers ne présentent pas une bonne perméabilité en profondeur (**Nouaouria, 2018**).

❖ La zone des Djebels surplombant des oueds Sédrata et Héliá

Cette zone s'étend sur les parties nord de la région de Tamlouka et sud de la région de Guelma et Bouchegouf, et sa partie sud est probablement la mieux approvisionnée en eau. Elle est caractérisée par la présence de hautes dalles calcaires du Crétacé supérieur qui reposent sur des marnes. Les contacts entre ces formations géologiques abritent des sources assez importantes. Dans l'autre partie de la zone, qui est la plus étendue, les dalles calcaires sont plus redressées et fragmentées, et des sources parfois relativement importantes jaillissent des calcaires au contact des marnes. En général, les eaux superficielles constituent les principales ressources en eau, telles que les Oued Sedrata et Oued Héliá (**Nouaouria, 2018**).

L'oued Seybouse, qui mesure 160 km de long, est le second plus grand oued d'Algérie après l'oued Chélif. Il constitue l'axe de drainage du bassin versant et reçoit un apport annuel

Chapitre I Généralité sur l'eau et description du site d'étude

de 408 hm³/an à la station de Boudaroua. Il prend sa source dans les hauts Haracta, Ain Abid et Sedrata, parcourt une distance de 160 km et se jette dans la Méditerranée. Selon **Debbieche (2002)**, son débit non régulier varie de 0 à 100 m³/s, mais il peut atteindre des valeurs aussi élevées que 630 m³/s (observées le 01/01/1985, selon l'Algérie national des ressources hydriques d'Annaba).

L'oued Bouhamdane (45,37 km) est formé par les oueds Sabath et Zénati et fournit 96 hm³/an à la station de Medjez amar II (point de confluence avec l'oued Cherf).

L'oued Cherf (36,46 km), situé au sud-ouest, fournit 107 hm³/an à la station de Medjez Amar.

L'oued Mellah, situé au sud-est, a une contribution de 151 hm³/an à la station de Bouchegouf.

Il y a également d'autres cours d'eau tels que l'Oued Maiz, l'Oued Zimba, l'Oued Skhouna, l'Oued Bousorra, l'Oued Fragha, l'Oued Djefeli, l'Oued Meboudja...etc (**Derghoum et al., 2021**).

4. Etude climatique de la région de Guelma

4.1. Températures

Selon Ramade (2003), la température est un facteur crucial qui limite les différents processus métaboliques et influence la distribution des espèces vivantes et des communautés dans la biosphère. En effet, la température contrôle de manière significative la vie sur terre. Le mois de janvier est le plus froid, avec une moyenne de 9,66 °C, tandis que le mois de juillet est le plus chaud, avec une moyenne de 27,46 °C. Pour les autres mois des températures intermédiaires ont été enregistrés (**Figure07**).(**Alia S, Athamnia W, Derdech S, 2018**).

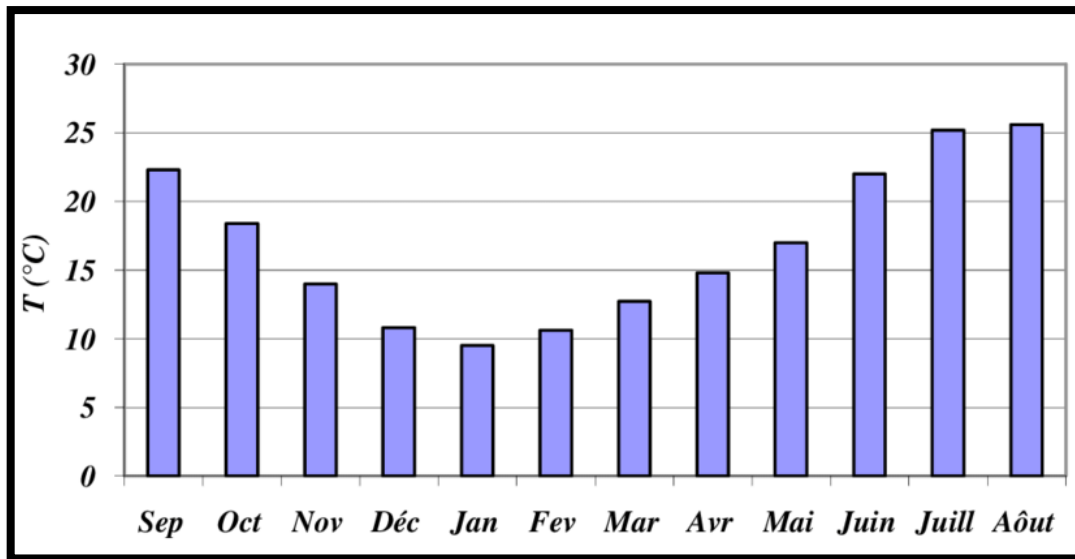


Figure 07 : Histogramme des températures moyennes mensuelles à la station météorologique de Guelma (2002 à 2015).

4.2.Humidité

Selon **Prévoste (1999)**, l'état hygrométrique de l'air, ou l'humidité de l'air, est défini comme le rapport de la masse de vapeur d'eau contenue dans un certain volume d'air, à la masse de vapeur d'eau que ce même volume d'air contiendrait à la même température. Le mois de Janvier est le plus humide avec un taux d'humidité de 77,6 % (**Tableau 01**).

Tableau 01: Valeurs moyennes mensuelles de la température, précipitation et Humidité de l'air, enregistrées en 2002 jusqu'à 2015 (**Station météorologique de Guelma**).

Humidité	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
moyenne (%)	77.60	75.46	75	72.90	68.71	60.16	56.12	58.12	67.13	70.01	73.62	77.19

4.3.Précipitation

4.3.1Précipitation moyenne mensuelle

Les précipitations incluent toute forme d'eau qui tombe du ciel, liquide ou solide. Elles jouent un rôle essentiel dans le climat en influençant le débit saisonnier des cours d'eau (**Dajoz, 2000**).

Chapitre I Généralité sur l'eau et description du site d'étude

Selon la **figure 08** le mois de janvier a enregistré la plus forte moyenne mensuelle de précipitations, avec 90,79 mm, tandis que le mois de juillet a enregistré la plus faible valeur, soit 3,56 mm (**figure 08**)

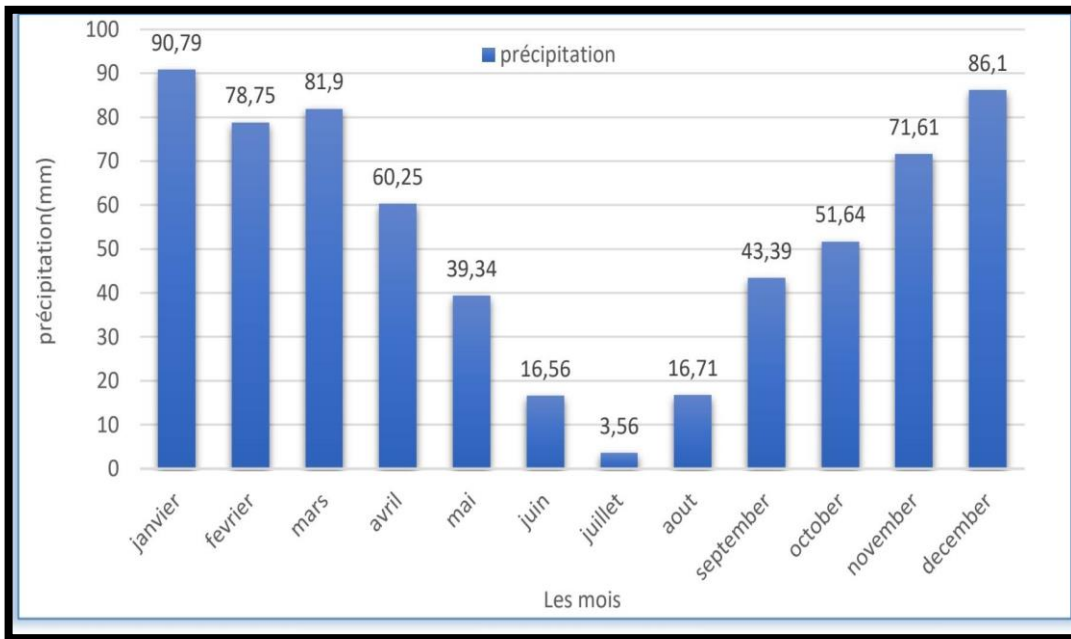
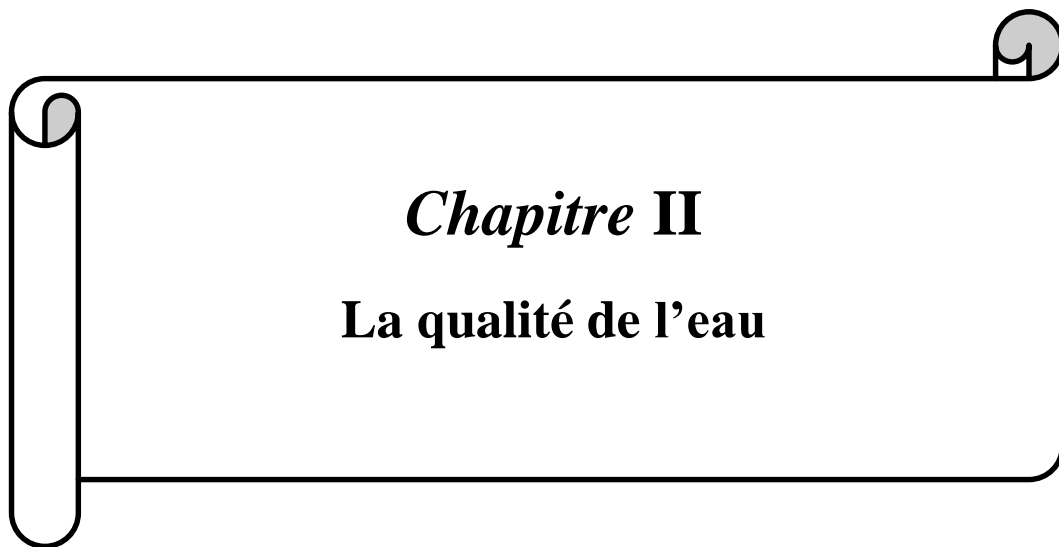


Figure 08 : Histogramme de la précipitation moyenne mensuelle à la station météorologique de Guelma (2002 à 2015)



Chapitre II : La qualité de l'eau

1) Qualité de l'eau de source

L'eau de source est propre à la consommation humaine, microbiologiquement saine et protégée des risques de contamination.

L'eau de source, comme l'eau minérale, provient d'un aquifère ou d'un réservoir souterrain obtenu à partir d'une ou plusieurs sources naturelles ou forées, à proximité desquelles l'eau est traitée. Il ne peut être traité ou ajouté que dans les cas suivants :

- Séparation des éléments instables et sédimentation des solides en suspension par stabilisation ou filtration.
- Contamination ou dénudation au dioxyde de carbone (**Ouali, 2001**).

2) Qualité l'eau potable (Eau de robinet)

L'eau potable est une eau propre à la consommation humaine. Cela signifie qu'il peut être consommé ou utilisé par des personnes sans affecter ou aggraver leur santé. (immédiatement ou après une période de latence).

L'eau potable ne contient généralement qu'une petite quantité de nitrates ingérés (2 à 25 %) lorsque les recommandations standard sont respectées. Il est obtenu soit directement à partir de puits et de forages, soit à partir d'eaux souterraines captées à partir de sources, mais également à partir d'eaux de surface traitées (**Bouhaous, 2012**).

3) Paramètres caractéristique de la qualité des eaux

La qualité reconnue de l'eau potable, c'est s'assurer qu'elle est inoffensive pour ceux qui sont censés la consommer, qu'elle soit préparée et qu'elle réponde à certains critères obligatoires prisés par les consommateurs (incolore, insipide, inodore, etc.). Cependant, sa qualité ne peut être définie de manière absolue ou inconditionnelle. L'organisation mondiale de la santé (OMS) a publié des normes internationales pour l'eau potable. (**Khadroui et Taleb, 2008**).

Compte tenu de l'ingestion de la substance provenant de sources autres que l'eau potable, de la toxicité de cette substance, de la probabilité et de la nature de son apparition, il

est conseillé de consulter les autorités de santé publique si les valeurs guides sont dépassées. Effets indésirables potentiels et mise en œuvre possible d'actions correctives (**Belhadj 2017**)

3.1. Paramètres Organoleptique

Ces différentes propriétés doivent être évaluées au moment de l'échantillonnage. Par exemple, les odeurs peuvent disparaître pendant le transport ou l'apparence des échantillons peut changer pendant le stockage (**Rodier, 2009**).

Le consommateur est très sensible à toute dégradation organoleptique de l'eau dans le réseau. Malheureusement, le goût et l'odeur sont les caractéristiques les plus difficiles à maîtriser en raison des multiples causes et interactions, telles que :

- **La nature de la ressource** : les composés présents dans la ressource prélevée et la variation temporelle de qualité (surtout dans les eaux superficielles).
- **Le traitement** : le type et dosage de désinfectant et le passage du désinfectant résiduel dans le réseau.
- **Le réseau** : les matériaux rencontrés dans le réseau et les conditions chimiques présentes (corrosion, perméation à travers le revêtement, relargage...etc).
- **La microbiologie** : la bio production et la bioconversion des composés par des microorganismes.

a. Couleur :

L'eau naturelle, même traitée, n'est jamais complètement incolore (par exemple par rapport à l'eau distillée). Pour l'eau potable, le niveau de couleur maximum acceptable est de 15 UCV (**Monique Henry, 1991**). Cela peut être dû à certaines impuretés minérales (fer), mais cela peut aussi être dû à certaines substances organiques (acides humiques et fulviques). Pour boire de l'eau confortablement, il faut la retirer.

b. Turbidité :

La turbidité reflète la présence de matières étrangères en suspension dans l'eau et provoque la méfiance et le dégoût des consommateurs. De plus, il existe un risque de contact défavorable entre les agents pathogènes et les désinfectants, affectant ainsi les taux de filtration et réduisant l'efficacité de la désinfection. L'un des principaux objectifs du traitement est de réduire le trouble. Selon la norme, la turbidité maximale admissible est de 5 NTU

(parce qu'elle est perceptible) et la cible est de 1 ou moins. Une eau correctement filtrée et désinfectée a une turbidité inférieure à 0,5 NTU (Celerier et Faby, 2002).

c. Goût et odeur

L'eau potable doit avoir un goût et une odeur « non désagréables ». La plupart des eaux, qu'elles soient traitées ou non, dégagent une odeur plus ou moins perceptible et ont un goût particulier. Ces deux propriétés purement sensorielles sont très subjectives et nous ne disposons d'aucun équipement pour les mesurer.

3.2. Paramètres physico-chimiques

a. Température

La température de l'eau potable doit être inférieure à la température de l'air en été et supérieure en hiver. Les températures des eaux souterraines se situent autour de 12 à 15 °C, tandis que les températures des eaux de surface varient entre 2 et 30 °C (LEGUBE, 2015).

Pour l'eau potable, il est admis que l'eau doit être rafraîchissante, la température maximale autorisée est donc de 15°C. L'eau naturelle à une température de 15°C ou plus accélère la croissance des micro-organismes et des algues, ce qui peut provoquer des goûts et des odeurs désagréables, ainsi qu'augmenter la couleur et la turbidité. Les variations saisonnières de température peuvent affecter les plans d'eau, en particulier lorsqu'ils sont peu profonds [13].

Des températures élevées peuvent favoriser des goûts et des odeurs désagréables. De plus, il accélère la plupart des réactions physico-chimiques. Les personnes impliquées dans l'eau ont peu d'effet sur la température de l'eau. Les efforts doivent donc porter sur d'autres paramètres qui varient en fonction de la température.

b. Ammonium (NH₄⁺) :

L'ammoniac réagit avec le chlore pour former des chloramines, qui sont des désinfectants moins efficaces, il est donc important de l'enlever avant d'introduire de l'eau dans le système.

Certaines bactéries se reproduisent en convertissant l'ammonium en nitrite puis en nitrate. L'ammonium n'a pas d'impact significatif sur la santé des consommateurs, mais sa

présence dans l'eau est un indicateur de contamination (**Celleric, 2002**). Les principales sources de pollution sont l'utilisation d'engrais, la production d'explosifs, les industries chimiques et alimentaires. La teneur en nitrates de l'eau est généralement supérieure à la teneur en nitrites. Des concentrations élevées de nitrite indiquent une charge bactériologique.

d. Matières organiques

D'origine naturelle, résultant de la décomposition d'organismes végétaux et animaux qui vivent à la surface d'un bassin versant ou d'une rivière et se décomposent après leur mort. Elles sont des sources essentielles de nutriments pour la croissance des bactéries, et la teneur en éléments carbonés organiques est aujourd'hui considérée comme un facteur important dans le contrôle de la qualité microbiologique de l'eau des réseaux et influe sur le goût et l'odorat. (**Celleric, 2002**).

e. Chlore (Cl₂) :

Désinfectant utilisé dans le traitement de l'eau pour tuer ou éliminer les organismes infectieux. Il affecte le goût et l'odeur de l'eau. Le chlore est toxique pour les humains et les animaux à fortes doses (**Maiga, 2005**).

f. Potentiel Hydrogène (pH):

Pour cette détermination, on utilise une méthode électrométrique avec électrode combinée selon la norme AFNOR. Cette méthode consiste à plonger dans l'échantillon, (une électrode spécifique) (**Lazhar, 2011**).

Cette mesure utilise une méthode de mesure électrique multi-électrodes selon la norme AFNOR, consiste en une immersion dans un échantillon (une électrode spécifique) (**Lazhar, 2011**). Le pH est lié à tous les paramètres de qualité de l'eau. A des valeurs de pH inférieures à 7, dans les eaux contaminées par des dérivés soufrés, il se forme du sulfure d'hydrogène (H₂S), conférant à ces eaux une odeur "d'œuf pourri" (**Hunter et al., 1980**).

g. Conductivité électrique

La conductivité (en µs/cm) indique la capacité d'une solution aqueuse à conduire le courant électrique. Elle dépend de la présence des ions et de leur concentration relative, ainsi que de la température à laquelle s'opère la mesure. La mesure de la conductivité électrique

permet d'évaluer rapidement, mais approximativement la minéralisation globale de l'eau (Mbeukam, 2013 ; Sari, 2014).

3.3. Qualité bactériologique

C'est le paramètre le plus important de la qualité de l'eau potable. Ceci est mesuré par la présence d'organismes indicateurs de la charge fécale. Bactéries totales et coliformes qui vivent normalement dans les intestins des humains et des animaux et présentent un risque épidémiologique potentiel.

Le contrôle bactériologique réalisé dans ce cadre consiste à quantifier les bactéries révélatrices d'une contamination fécale en considérant trois indicateurs : coliformes totaux, coliformes fécaux et streptocoques fécaux. De plus, d'autres indices non spécifiques sont utilisés. Bactéries entières et agents réducteurs de Clostridium sulfite (Bouziati M., 2000). la qualité bactériologique est généralement mesurée par la présence d'organismes indicateurs vivant dans l'intestin (Maiga, 2005). Une bonne qualité microbiologique de l'eau d'approvisionnement est essentielle pour limiter la survenue de pathologies. Dans le secteur de l'eau potable, le risque microbien représente un risque à court terme.

3.3.1 Paramètres Bactériologiques

L'eau doit être exempte de tout micro-organisme, agent pathogène ou virus pouvant causer des divers maladies (Kouidri, 2006). Les pollutions biologiques sont détectées par l'analyse de deux bactéries intestinales : *Escherichia coli* et entérocoques. Généralement transmises à l'homme par voie digestive liée à la consommation d'eau ou d'aliment contaminés (Maiga, 2005).

Outre, ils existent autres genres des bactéries qui peuvent contaminer l'eau, par exemple les streptocoques fécaux, les anaérobies sulfites-réductrices et même des germes pathogènes, telle que les salmonelles, les Vibrions cholériques, les shigelles...etc.

a. Les coliformes totaux

Elles sont définies comme des bactéries aérobies et anaérobies facultatives non sporulées appartenant à la famille des Enterobacteriaceae, dont *Escherichia coli* (*E. coli*) et divers membres de la génération des bactéries nitrifiantes (Amenu, 2013). Ils sont largement répandus dans la nature et n'indiquent pas nécessairement la présence de

pollution, et l'absence de celles-ci ne signifie pas nécessairement que l'eau ne présente pas de risque de maladie.

De préférence, les coliformes totaux sont utilisés comme indicateur de l'efficacité du traitement de l'eau potable. Leur présence dans l'eau traitée indique un traitement inefficace ou une contamination après traitement (**Desjardins, 1990 , Savary, 2010, Verhille, 2013**).

b. Les 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 à 36 et 44 °C. Ceux qui produisent des indoles dans de l'eau peptonée contenant du tryptophane à 44°C sont souvent appelés E. coli, mais ce groupe comprend plusieurs souches différentes. (**PNUE/OMS, 1977 ; Rodier. et al, 1996 ; Joly et Reynaud, 2003**). Les coliformes fécaux thermo tolérants (44°C) seraient d'origine humaine (**Gaujous, 1995**). Les coliformes fécaux se trouvent en grand nombre dans les fèces et les intestins des animaux à sang chaud. Cette caractéristique est associée à la contamination fécale et il est préférable d'utiliser les coliformes fécaux comme indicateur de la qualité de l'eau brute.

c. Les streptocoques fécaux

Ces bactéries appartiennent à la famille de *Streptococcaceae*, au genre *Streptococcus*. Ils sont définis comme étant des cocci sphériques légèrement ovales, gram positifs. Ils se disposent le plus souvent en diplocoques ou en chaînettes, se développent le mieux à 37°C et ils possèdent le caractère homo-fermentaire avec production de l'acide lactique sans gaz (**Manuel de bergey, 1984**). Les streptocoques sont des bactéries omniprésentes, des sporozoïtes dans l'eau, l'air, le sol (**Delarras, 2014**). Résiste et survit mieux au stress et à la chloration que les bactéries coliformes. Le temps passé dans l'environnement est généralement plus long. De plus, contrairement aux bactéries coliformes, elles sont difficiles à repousser dans le réseau. (**Ouahchia et al., 2015**).

d. Spores de bactéries anaérobies sulfites-réductrices

Ce sont des formes de résistance de micro-organismes se développant en anaérobiose à $37 \pm 1^\circ\text{C}$ à 24h et ou 48h en gélose viande foie en donnant des colonies typiques réduisant le sulfite de sodium. La forme sporulée, beaucoup plus résistante que la forme végétative,

permet de déceler une pollution fécale ancienne (**Roux, 1989**). Parmi les paramètres retenus pour déterminer la qualité microbiologique de l'eau, les Clostridium sulfito-réducteurs sont pris en compte dans la réglementation de l'OMS.

4. Maladies à transmission hydrique

Les maladies d'origine hydrique peuvent entraîner une variété de symptômes, allant des problèmes entériques tels que des nausées, des vomissements et des diarrhées (et dans des cas plus rares, des colites), à des symptômes neurologiques, cardiovasculaires, respiratoires (comme dans le cas de la Legionella), oculaires (comme dans le cas de la toxoplasmose), hématologiques (comme dans le cas de la septicémie causée par E. coli O157:H7) ou dermatologiques. Les contaminants de l'eau peuvent pénétrer dans l'organisme par ingestion, inhalation, adsorption ou par des plaies ouvertes (**Payment et Pintar, 2006**).

Certaines espèces bactériennes qui ne sont normalement pas présentes dans l'intestin d'une personne en bonne santé peuvent être sécrétées de manière intermittente et en quantités variables en fonction du lieu et de l'état de santé de la population. Ces bactéries, qui sont pathogènes ou potentiellement pathogènes, sont responsables de la plupart des maladies infectieuses telles que le choléra, la fièvre typhoïde, la dysenterie, la gastro-entérite, les maladies diarrhéiques...etc (**voir le tableau 02**). Les bactéries pathogènes sont généralement transmises à l'homme par voie digestive par la consommation d'eau ou d'aliments contaminés. Elles jouent également un rôle important dans la pollution biologique des nappes phréatiques à partir des latrines. Contrairement aux bactéries indicatrices de pollution fécale, les bactéries pathogènes ne sont pas toujours présentes dans les matières fécales (**Hawa, 2002**).

Tableau 02 : Principaux agents bactériens pathogènes présents dans les fèces et les maladies transmises (**Hawa, 2002**).

Famille	Genre	Espèce	Maladies
Enterobacteriaceae	<i>Salmonella</i>	<i>Typhipara typhi</i>	Fièvre typhoïde
Vibrionaceae	<i>Vibrion</i>	<i>Cholerae</i>	Choléra
		Autres vibrions	Gastro-entérite
Enterobacteriaceae	<i>Escherichia</i>	<i>Coli</i> (types pathogènes)	Gastro-entérite, Diarrhée
Micrococcaceae	<i>Staphylococcus</i>	<i>Aureus</i>	Infection cutanée

Quelques Maladies hydriques d'origine bactérienne

A-Le choléra

Le choléra est une infection causée par la bactérie *Vibrio cholerae*. Cette maladie a une période d'incubation brève, qui peut varier de quelques heures à cinq jours. Les symptômes comprennent une diarrhée abondante avec des selles en forme de grains de riz, des vomissements, des douleurs dans la partie supérieure de l'abdomen, une absence d'urine et des crampes musculaires. Si elle n'est pas traitée rapidement avec une réhydratation et une antibiothérapie appropriée, l'évolution de la maladie peut être fatale (**Vilaginès, 2010**)

Vibrio cholerae est une bactérie saprophyte présente dans l'environnement, notamment dans les eaux saumâtres des estuaires, les rivières et en association avec le zooplancton (copépodes), les algues marines et les plantes aquatiques, dans la plupart des régions côtières des zones tempérées ou tropicales à travers le monde (**Grahn et Cifas, 2016**).

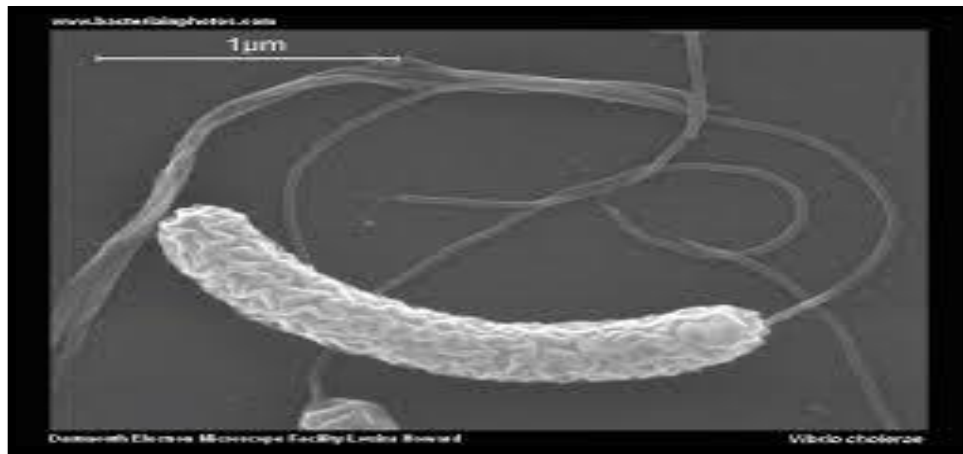


Figure 09 : Observation microscopique de *Vibrio cholerae*

Le vibriion cholérique présente un danger pour la santé car l'homme peut servir à la fois de milieu de culture et de vecteur de transmission. Les selles liquides, souvent produites en grande quantité, sont à l'origine de la propagation des bactéries dans l'environnement et peuvent être à l'origine d'une transmission oro-fécale (**Boris, 2010**).

Le choléra est transmis par voie orale suite à l'ingestion de nourriture ou d'eau contaminées par le vibriion cholérique. Cependant, il peut également se propager d'une personne à l'autre à travers des liquides corporels tels que les selles, les vomissements ou la sueur (**Fournier, 1996**).

Les principales caractéristiques de cette bactérie sont les suivantes : elle est constituée de fins bacilles gram négatifs, elle est mobile grâce à une ciliature polaire, elle est oxydase positive, elle est capable de survivre dans des milieux aérobies et anaérobies facultatifs, elle peut effectuer la fermentation du glucose et réduire les nitrates en nitrites.

Tableau 03 : Caractéristiques de survie et de croissance des *Vibriions cholerae*
(**Cohen et Karib, 2007**)

Paramètres	Croissance	
	Optimum	Extrêmes
Température (°C)	37	10-15
pH	6-7.6	5-9.6
Aw	0.940-0.988	0.996

B-Les fièvres typhoïdes et paratyphoïdes

La fièvre typhoïde, également appelée typhus abdominal (du grec "tuphos" signifiant torpeur), est une maladie bactérienne infectieuse d'origine humaine. Elle a été décrite pour la première fois en 1818 par Pierre Bretonneau et est causée par des bactéries appartenant à la famille Enterobacteriaceae, notamment le genre Salmonella. Les espèces responsables de cette maladie sont *Salmonella enterica*, *Salmonella typhi* et *Salmonella paratyphi* A et B. La fièvre typhoïde est généralement causée par la consommation d'aliments ou d'eau contaminés par des salmonelle (**Hocine et al., 2022**).

Les fièvres typhoïde et paratyphoïde sont causées par des bactéries de la famille des salmonelles, notamment les souches *Salmonella typhi* et *Salmonella paratyphi*. Après avoir pénétré dans l'intestin de l'hôte, ces bactéries peuvent se propager dans les tissus et entraîner une septicémie. Les symptômes comprennent une forte fièvre, des maux de tête, des diarrhées, des douleurs abdominales et une sensation d'affaiblissement général (souvent appelée "typhus") (**Baziz, 2008**).

. Les fièvres typhoïde et paratyphoïde sont causées par des bactéries de la famille des salmonelles, notamment les souches *Salmonella typhi* et *Salmonella paratyphi*. Après avoir pénétré dans l'intestin de l'hôte, ces bactéries peuvent se propager dans les tissus et entraîner une septicémie. Les symptômes comprennent une forte fièvre, des maux de tête, des diarrhées, des douleurs abdominales et une sensation d'affaiblissement général (souvent appelée "typhus") (**Bougherbi et Sabour, 2019**).

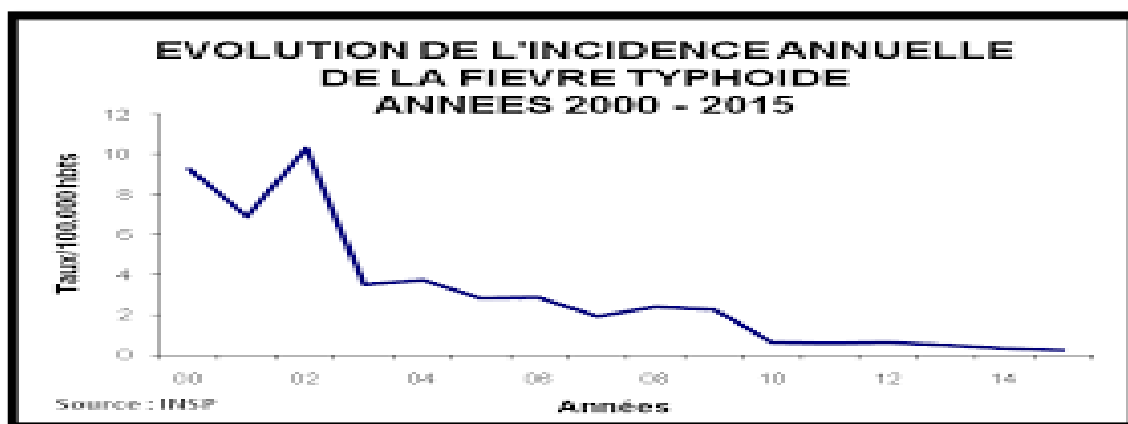


Figure 10 : Changement de la mesure annuelle de la prévalence de la fièvre typhoïde en Algérie au fil du temps (2000-2015)

C-La dysenterie bacillaire

La shigellose, également connue sous le nom de dysenterie bacillaire, est une infection intestinale causée par des bactéries appartenant à quatre espèces différentes appelées *shigelles*. La transmission des *shigelles* se fait par voie féco-orale : une quantité relativement faible de 10 à 100 bactéries peut suffire à provoquer la maladie. L'être humain est le seul réservoir des *shigelles*, et la transmission interhumaine est le plus souvent directe. Cependant, l'eau et les aliments contaminés, ainsi que les mouches, peuvent également transmettre les *shigelles*. Les symptômes de l'infection incluent une diarrhée sanglante extrêmement abondante résultant de l'invasion de la muqueuse intestinale par les espèces de *shigelles* telles que *Shigella dysenteriae* et *S. flexneri*. (Cherif, 2006). Ces symptômes de l'infection ont généralement une apparition rapide, survenant entre 1 à 3 jours après l'exposition à la bactérie. Ils peuvent commencer par une légère douleur abdominale et une diarrhée, sans présence de sang ou de mucus dans les selles. Au début, la diarrhée peut être fréquente. Cependant, dans certains cas moins courants, la personne peut présenter des symptômes plus graves, tels que des douleurs abdominales intenses, une diarrhée sanglante ou avec présence de mucus comme a été déjà mentionnée, de la fièvre, des nausées et des vomissements. Les symptômes peuvent être si légers que la personne n'a pas besoin de consulter un médecin et qu'ils disparaissent d'eux-mêmes après quelques jours. (Bougherbi, Sabour, 2019).



Figure 11 : Examen microscopique de *Shigella dysenteriae* (X1850)

D-La gastro-entérite aigue et diarrhée

La gastro-entérite est une inflammation du système digestif affectant les muqueuses de l'estomac et de l'intestin. Elle peut être causée par des agents pathogènes d'origine

bactérienne, virale, parasitaire ou due à des protozoaires ou des amibes pathogènes. Les bactéries telles que les salmonelles, les staphylocoques et les *shigelles* sont souvent transmises par la consommation d'eau ou d'aliments contaminés et sont à l'origine des cas de gastro-entérite d'origine bactérienne (Amaramadi, Touati, 2013).

E. coli est une bactérie présente dans le tube digestif de l'homme et des animaux dès les premiers stades de la vie. Elle est souvent la cause de gastro-entérites graves qui peuvent être mortelles en l'absence de traitement. Elle prolifère en grande quantité dans les matières fécales. Les bactéries *E. coli* sont considérées comme le meilleur indicateur de contamination fécale parmi les organismes coliformes. Des tests ont été développés pour détecter rapidement et facilement leur présence dans l'eau (Alia et al., 2018).

Les *Escherichia coli* sont des bactéries à Gram négatif, qui ne forment pas de spores et qui sont négatives pour l'oxydase. Elles sont des coliformes thermotolérants et produisent de l'indole à partir du tryptophane à une température de 44°C. Cependant, ces bactéries ne peuvent pas produire d'acétyl-méthyl-carbinol ni utiliser le citrate comme seule source de carbone. (Alia et al., 2018).

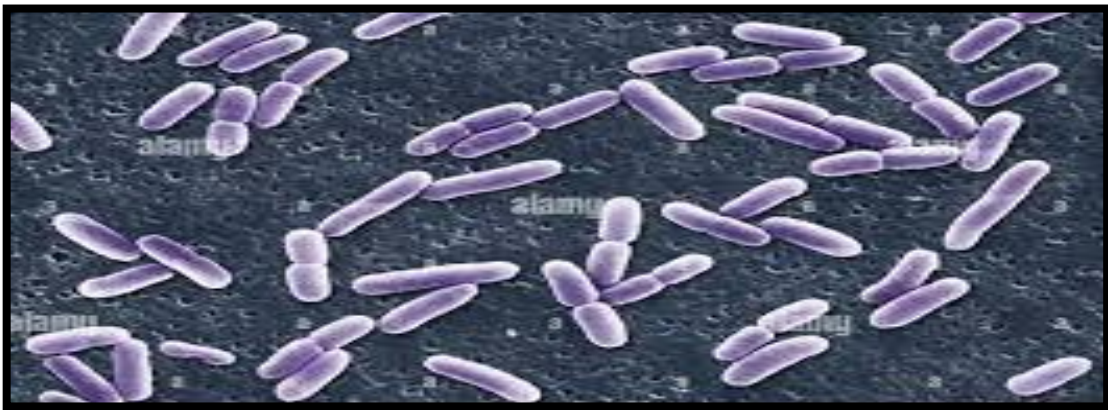


Figure 12 : Observation microscopique d'*E. coli*

E-Infection cutanée

Les infections causées par *Staphylococcus aureus* ont une place importante dans la pathologie infectieuse en raison de leur polymorphisme, gravité et fréquence dans les milieux hospitaliers où des souches souvent résistantes à de multiples antibiotiques sont sélectionnées et propagées lors de soins infirmiers aux patients immunodéprimés (Figure 12). Ces bactéries ont un pouvoir pathogène très élevé et sont responsables d'un grand nombre d'infections chez

l'homme et l'animal. Elles survivent et se multiplient en raison de leur résistance particulière aux conditions hostiles de l'environnement, telles que la chaleur (elles résistent une heure à 60°C), la sécheresse (elles survivent plusieurs mois dans des produits pathologiques desséchés) ou la salinité de l'eau. (Alia *et al.*, 2018).

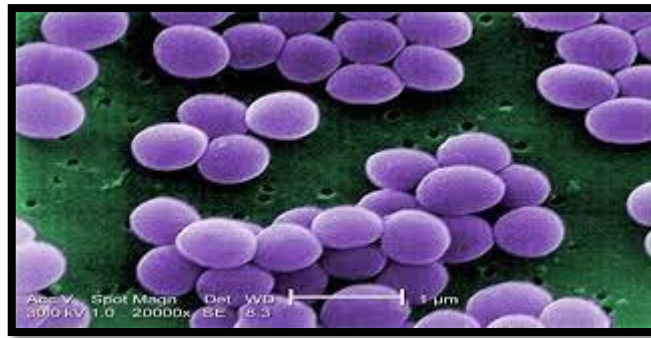


Figure 13 : Examen microscopique de *Staphylococcus aureus* à un grossissement de X 10000

5. Normes de potabilité

Selon la communauté économique européenne (CEE), l'eau potable est une eau qui n'affecte pas la santé du consommateur à court ou à long terme, quel que soit son âge ou son état physiologique, les caractéristiques physiques, chimiques et microbiologiques doivent correspondre aux normes de potabilité (Rambaud, 1992).

Et selon l'organisation mondiale de la santé, l'eau potable doit être exempte de micro-organismes pathogènes et de substances toxiques pour préserver la santé des consommateurs, mais peut contenir certaines quantités de sels minéraux et de micro-organismes saprophytes. Il doit également être clair et incolore et ne doit pas avoir de goût ou d'odeur désagréable (OMS, 1986). L'élaboration des normes de consommation s'appuie sur des études scientifiques démontrant les effets néfastes sur la santé de différents paramètres qui ne doivent pas dépasser certaines concentrations maximales, les tableaux suivants (Tableau 04 et 05) représentent les normes de quelques paramètres.

Tableau 04 : Normes des quelques paramètres physico-chimiques. (Marzoug, 2022)

Type de problème	Sévérité du problème		
	Aucune	Légère	Elevée
-Salinité -Conductivité (dS/m) -matières dissoutes Totales (mg/litre)	<0.75 <700	0.75-3.0 700-2000	>3 >2000
RAS (Ration d'absorption du sodium)	<3	3-9	>9
Alcalinité ou dureté (équivalent en CaCO ₃)	80-120		>200
pH (risque de colmatage)	<7	7-8	>8
Fe mg/L (risque de Colmatage)	<0.2	0.2-1.5	>1.5
Manganèse mg/L (risque de colmatage)	<10.1	0.1-1.5	>1.5

Tableau 05 : Normes des quelques paramètres biologiques.(OMS,2003)

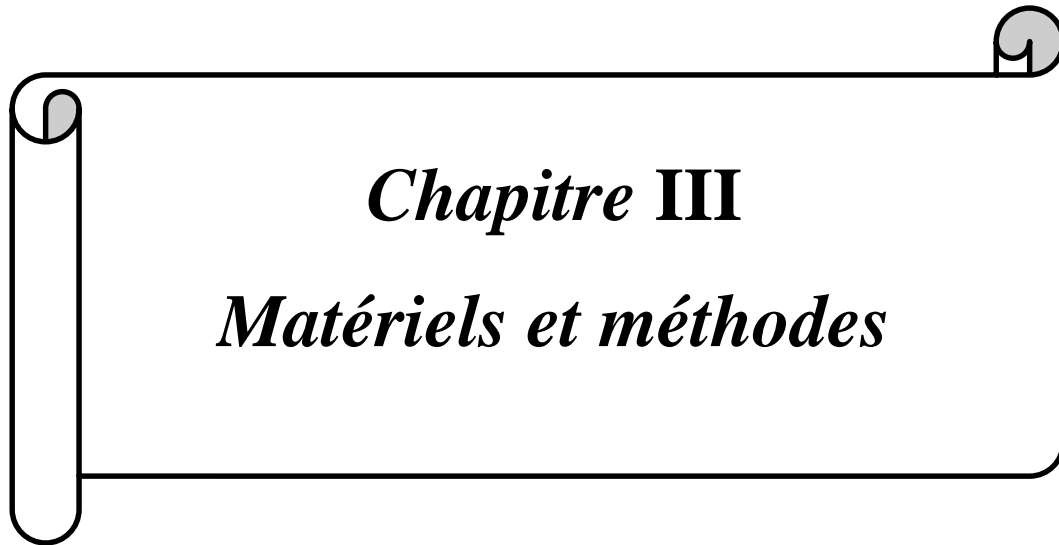
Germe	Concentration maximale admissible (Eau désinfectée)
Coliformes totaux / 100 ml	0
Coliformes fécaux / 100	0
Streptocoques fécaux / 100 ml	0

5.1. Objectif des Normes de la qualité de l'eau

Le programme d'analyses d'échantillon d'eau réalisé dans le cadre du contrôle sanitaire vise plusieurs objectifs :

- Vérifier que la qualité de l'eau respecte les exigences de qualité
- Identifier les dépassements des exigences de qualité et, éventuellement, des seuils d'alerte préalablement fixés en vue d'agir pour rétablir la qualité des eaux avant l'apparition d'une situation de non-conformité ;
- Donner des éléments d'appréciation de la situation pour évaluer les risques sanitaires en cas de dépassement des exigences de qualité des eaux ;
- Fournir des éléments permettant l'information des consommateurs et des responsables de la distribution d'eau (maires, présidents de syndicats des eaux, distributeurs d'eau, etc).

Le choix des points de contrôle, la fréquence d'analyse (proportionnelle au débit de l'établissement et à la population desservie) et les types de paramètres à contrôler sont déterminés par la législation de santé publique. Les analyses de soins sont réalisées par des laboratoires agréés par le ministère de la santé (**Ministère de la Santé et des Solidarités, 2005**).



Notre travail a été effectué au laboratoire des analyses des eaux (DSP) (direction de la santé et population) de la wilaya de Guelma Durant 21 jour. aussi le laboratoire (10)d'université de 08 mai 1945. Guelma.

L'étude c'est porté sur 06 échantillons des eaux des sources est des Eaux Potable prélevées trois fois.







La 1^{er} de mois Février (18-02-2023), la 2^{ème} au mois de Mai (18-03-2023) et le la 3^{ème} le (18-04-2023) au niveau de la région (Guelma).

L'appareillage nécessaire pour la réalisation de notre protocole expérimentale comprend d'une part pour les analyses bactériologiques nécessitent un matériel comme bec benzène, boîtes pétri, tubes à essai, milieux de culture (VF, GN, GNAB, Saboraud, Chapman, Hekton, et Milieu BCPL, Roth, Schubert, Eva Litsky. Bain Marie étuve thermostatée à 37 °C et 44°C, Autoclave, Distillateur, pipette Pasteur, Bec Benzène.

1. Les sites de prélèvement :

Pour suivre l'évolution bactérienne des eaux de sources naturelles, nous avons effectué

Trois prélèvements durant le mois de février et le mois de mars et le mois d'Avril six sites ont été choisis Pour cette étude

1. Ain ELRMEL (S1) 
2. Ain GUERGOUR (S2) 
3. Ain DAHWARA (S3) 
4. Ain SELAOUA (S4) 
5. Eau de robinet TAMLOUKA (5) 
6. Eau de robinet GUELMA (6) 

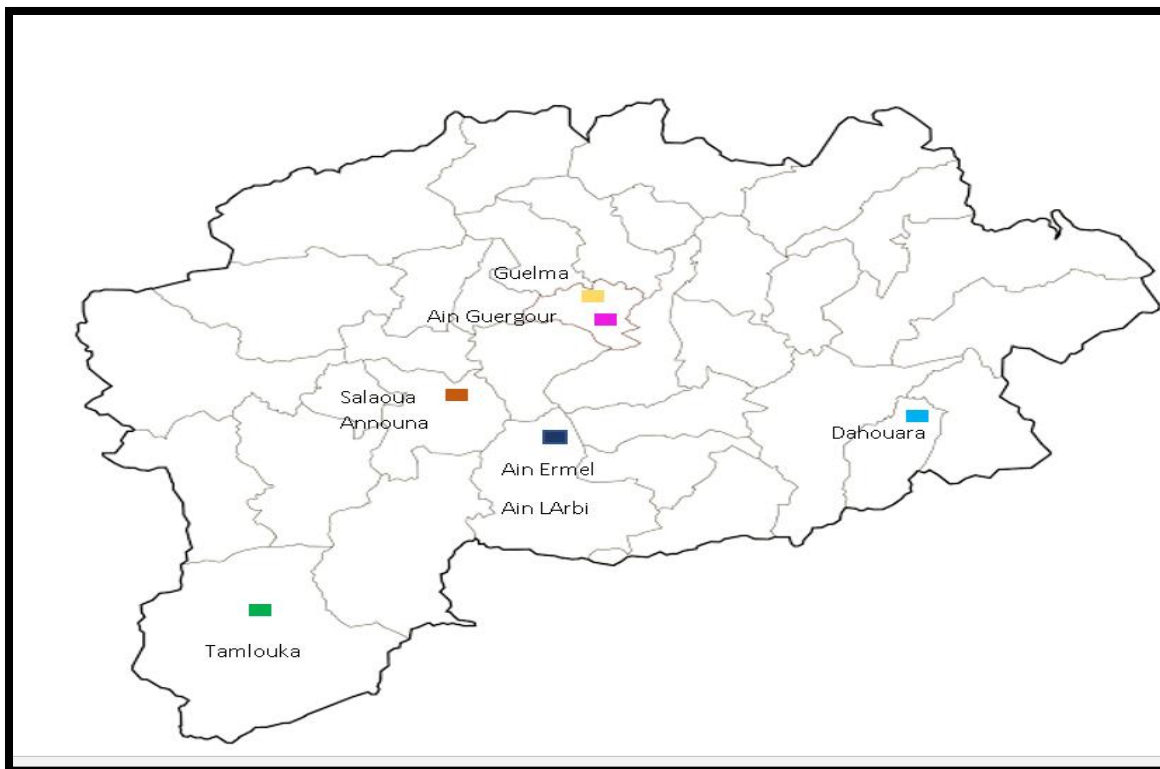


Figure 14 : Localisation des six zones d'études sur la carte des limites administratives

2. Mode de prélèvement

- Les prélèvements pour l'analyse bactériologique nécessitent de nombreuses Précautions de façon à ne pas contaminer l'échantillon lors de sa prise.
- Il faut utiliser de préférence des flacons en verre pyrex munis d'un large col et d'un Bouchon à vis métallique.
- Le mode de prélèvement varie suivant l'origine de l'eau à analyser l'échantillon doit Être homogène, le flacon est étiqueté sur lequel on note ;
 - l'origine de l'eau.
 - L'adresse exacte du lieu de prélèvement avec les coordonnées GPS.
 - La date et l'heure du prélèvement (**Guiraud, 1998**).

❖ ETAPES :

- Tout D'abord, On a identifié 6 Echantillons de l'eau et on a choisi 4 Source Naturel très connue et Source de l'eau potable.
- Etiquetez le flacon stérile Avant le prélèvement.

-Stériliser l'embout du Robinet avec un brûleur à gaz Ou le désinfecter avec un produit adapté.

-Ouvrir à Nouveau le Robinet avant le prélèvement de l'échantillon prenant tous les précautions pour éviter de le Contaminer à Nouveau.

-Laisser Couler l'eau quelques instants (Refroidissement Ou Élimination des traces de désinfectant).

-Prélever l'eau en laissant Un Volume d'aire envir-Ouvrir un flacon stérile sans toucher l'antérieur de de flacon, du bouchon, le filetage, et le placer immédiatement Sous le Jet d'eau, Proche de Robinet mais sans toucher Ce dernier, pendant le Remplissage du flacon, si le Bouchon est Détachable, le tenir à l'écart de toute éclaboussure.

On 1/10 du volume du flacon.

-Reboucher immédiatement le flacon.

-Refermer le Robinet.

3. Transport et conservation au laboratoire :

Les échantillons se conservent dans Une Glacière à Compresseur Ou avec des Pack Réfrigérants dans Une glacière portable.

La température peut en effet favoriser l'évaporation de Certains polluants.

Remettez les écoles au laboratoire Autorisée le plus tôt possible après l'avoir prélever de préférence les 24h pour l'analyse donne des Résultats Exacts.

- La teneur initiale en germes des eaux risque de subir des modifications dans le flacon, après le prélèvement. C'est pour cela que toute analyse doit être effectuée le plus rapidement possible.
- Après la prise d'essai, il est recommandé de placer le reste du prélèvement non utilisé au réfrigérateur. Il peut arriver en effet que les premières lectures bactériologiques, 24 ou 48 heures après l'ensemencement, donnent des résultats inattendus, incitant à vérifier l'analyse. **(Dr. Hadji., Microbiologie de l'eau., 2019/2020).**
- 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 labri de la lumière visible ainsi que dans des températures ambiantes. Habituellement, cette protection est obtenue grâce à

l'utilisation d'une glacière contenant des Poches de glace. On conserve généralement les échantillons à une température inférieure ou égale à +4 °C (Raymond., 1977., Mayat., 1994).

Tableau 06 : les différents échantillons et leur date et lieu de prélèvement.

Les Echantillons	Date et heure de 1^{er} prélèvement	Date et heure de 2^{ème} prélèvement	Date et heure de 3^{ème} prélèvement	Agglomération
AIN ELRMEL	18/02/2023 18 :00	18/03/2023 18 :10	18/04/2023 18 :01	Ain Arbi
AIN GUERGOUR	18/02/2023 19 :20	18/03/2023 20 :15	18/04/2023 21 :00	Guelma
AIN SALLAOUA	18/02/2023 18 :00	18/03/2023 18 :15	18/04/2023 18 :05	Sallaoua Announa
AIN DAHWARA	18/02/2023 17 :30	18/03/2023 17 :50	18/04/2023 18 :30	Dahouara
EAU DE TAMLOUKA	19/02/2023 5 :00	19/03/2023 5 :30	18/04/2023 18 :00	Tamlouka
EAU DE GUELMA	18/02/2023 7 :30	18/03/2023 7 :30	18/04/2023 7 :30	Guelma



S 1: Source Ain Ermel



S 2 : Source Ain Guergour



S 3 : Source dahouara



S 4 : Source Sellaoua

Figures 15 : Quelques photos des sources de l'eau étudiées.

4. Analyse bactériologique :

Les analyses bactériologiques ont pour objectif de mettre en évidence la présence ou

L'absence des bactéries ou des microorganismes qui modifient la qualité organoleptique d'une eau.

Actuellement, le contrôle bactériologique de l'eau est basé sur la technique de Recherche et dénombrement.

Le travail est limité à la recherche sélective de certaines bactéries au détriment d'autres

Selon la disponibilité des milieux de cultures et des réactifs (**Khemis, 2013**).

Dans la présente étude, nous avons effectués un dénombrement systématique des germes

Indicateurs de pollution qui ont été effectuées au niveau du laboratoire de DSP (direction de la santé et population) et laboratoire de université 8 mai 1945 de

Guelma et qui sont :

- ✓ **Les germes totaux**
- ✓ **Coliformes totaux**
- ✓ **Coliformes fécaux**
- ✓ **Streptocoques totaux**
- ✓ **Streptocoques fécaux**
- ✓ **Staphylocoques**
- ✓ **Salmonelle**
- ✓ **Vibrion Choléras**
- ✓ **Clostridium sulfito-réducteur**
- ✓ **Levures et Moisissures**

5. La recherche et dénombrement des germes totaux (FMT Aéro/anaérobie) :

La flore aérobie mésophile à 30°C (ou également micro-organismes à 30°C) est un indicateur technique qui tente de représenter la charge microbienne totale d'un aliment (auparavant, ce paramètre était connu sous le nom de "flore totale"). Il ne s'agit pas d'un groupe taxonomique particulier mais de l'ensemble des bactéries, levures, moisissures capables de se développer en aérobiose (en présence oxygène) sur les milieux de cultures définis par la norme d'analyse.

Germes totaux se réalisent à deux température différentes afin de cibler la fois de micro-organismes à tendance psychrophiles soit à 20° et ceux franchement mésophiles soit 37°C (**Merabet, 2011**).

Leur dénombrement nous renseigne sur la charge microbienne du produit, et il interprète le degré de contamination. (**Rodier, 2005**).

❖ Mode d'opérateur :

1). A partir de l'échantillon à analyser et de série des dilutions de 3 Tubes :

-9ml de l'eau distillé

-1ml de Ech.

-On fait la dilution de 1cc sur les 3 tubes : 10-1/10-2/10-3

- Porter 20 gouttes de chaque tube sur boîte pétrie vides préparées à cet usage et numérotées (technique dénombrement).

2). Compléter ensuite couler chacune des boites avec volume 2mm de gélose GN le gélose Nutritive et mélanger avec précaution en mouvement rotatoire puis laisser solidifier ;

3). Retourner les boites et incuber à 37°C pendant 24h à 48 h

4). La lecture se fait après chaque 24heures Pendant 3 jours

5). On calcule le nombre de colonies formées présentes dans 1 millilitre d'échantillon

Les résultats sont exprimés en nombre de germes par millilitre (germes/ml) (Rodier, 2009)

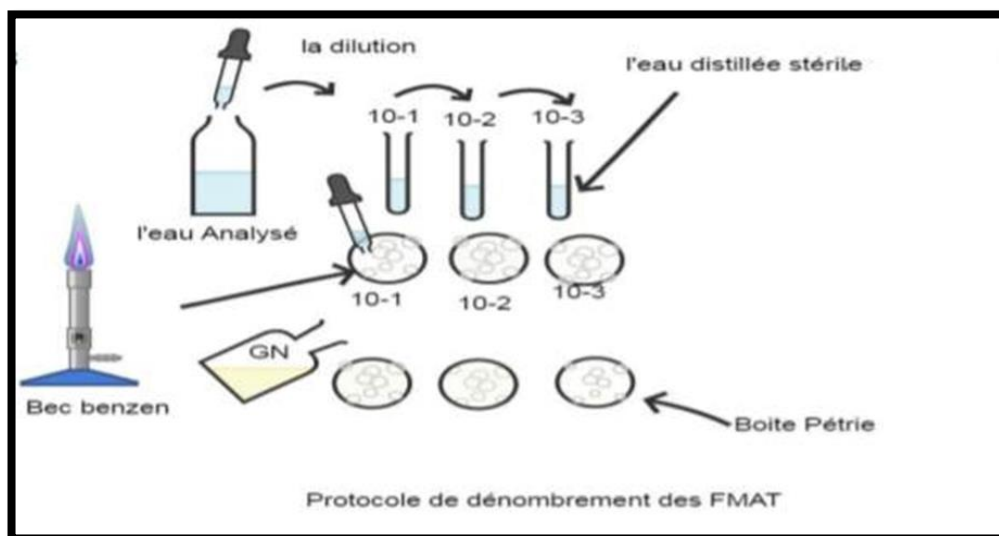


Figure 16 : protocole de dénombrement des FMAT (photo personnelle).

❖ Principe

Selon les normes internationales, les micro-organismes reviviscibles se définie Comme étant la totalité des bactéries, levures et moisissures.

Il s'agit d'une technique de numération des microorganismes après incorporation de

Volumes déterminés d'échantillon ou de ses dilutions dans un milieu gélosé. La recherche et le dénombrement des germes totaux se réalisent à deux températures différentes afin de cibler à la fois les microorganismes à tendance psychrophiles soit à 22 °C et ceux mésophiles

Soit à 37 °C (**Rejsek, 2002**).

- Germes totaux à 22°C : Ce sont les bactéries autochtones qui sont adaptées à la

Température de l'eau, le comptage des colonies obtenues se fait après incubation à

22°C durant 68 ±4h.

- Germes totaux à 37°C : Ce sont les bactéries potentiellement pathogènes car elles se

Développent à la température du corps humain. Le comptage des colonies obtenues se

Fait après incubation à 37 °C durant 44 ± 4h (**Carbannelle et al., 1988**).

6. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux :

❖ Définition

Les coliformes sont des bacilles à gram négatif, aéro-anaérobies facultatifs non sporulés

(**GUIRAUD., GALZY., 1980**).Oxydase négatif, se multiplie en présence de sels biliaires, fermentent le Lactose avec production d'acide et de gaz en 24 à 48h à 37°C. Les Coliformes thermotolérants ont les mêmes propriétés que les coliformes mais à 44 °C.

Les coliformes fécaux se distinguent des coliformes totaux par leur température de prolifération qui est de 44° C (**LAPIED et PETRANSXIENE, 1981**).

❖ Principe

La colimétrie est l'ensemble des méthodes permettant la recherche et le dénombrement des coliformes, qui indique une contamination fécale.

Les coliformes ont la particularité de fermenter le lactose avec dégagement de gaz. Le développement des coliformes totaux acidifie le milieu qui se traduit par un virage de l'indicateur coloré. En outre, une production de gaz apparaît dans les cloches renversées.

(**L. LAPIED, D. PETRANSXIENE, 1981**).

Le principe de cette méthode consiste à ensemer de nombreuses prises d'essai D'un même échantillon et / ou de dilutions de celui-ci, dans des tubes de milieu de culture Liquide conçu pour permettre la croissance d'un microorganisme ou d'un groupe de Microorganismes qui se traduisent par l'apparition d'un trouble du milieu après incubation. La présence de microorganismes est donc confirmée et leur NPP est ensuite estimé Statistiquement à l'aide d'un tableau de NPP (**Champsaur, 2007**).

6.1 Recherche de coliformes totaux

Il est effectué en utilisant le bouillon Lactosé au Pourpre de Bromocrésol (BCPL) en simple et double concentrations. Tous les tubes sont munis d'une cloche de Durham pour déceler le dégagement éventuel du gaz dans le milieu.

❖ Test présomptif

Réservé à la recherche des coliformes, à partir de l'échantillon (eau) à analyser porté

Aseptiquement, Elle se fait en deux étapes consécutives :

- 3 fois 10 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C muni d'une

Cloche de Durham.

- 3 fois 1 ml (20gouttes) dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une

Cloche de Durham ;

- 3 fois 0.1 (2 gouttes) ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une Cloche de Durham.

- 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 positif + ; les

Tubes présentant à la fois :

- ✓ Un dégagement du gaz (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche).
- ✓ Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le

Témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu).

✓ **Lecture :**

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

❖ **Test confirmatif**

Le test de confirmation ou test de Mac Kenzi est basé sur la recherche de coliformes fécaux parmi lesquels on redoute surtout la présence d'Escherichia Coli. Les tubes de BCPL Positifs, après l'agitation, prélever de chacun d'eux quelques gouttes à l'aide d'une pipette Pasteur pour faire le repiquage dans un tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche. Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloches et bien mélanger le milieu. L'incubation se fait à 44°C pendant 24 h, seront considérés comme positif ; les tubes Présentant à la fois.

- ✓ Un dégagement du gaz (supérieur au 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. (**Figure 17**) (**Hadji, 2020**).

✓ **Lecture**

La lecture se fait selon les prescriptions de la table de Mac Grady NPP. En tenant compte du fait qu'Escherichia Coli est à la fois producteurs de gaz et d'indole à 44°C. Le nombre de Coliformes fécaux est par 100 ml d'eau analysée (**Hadji, 2020**).

✚ **Expression des résultats :**

Une première lecture après cette incubation est effectuée : les tubes présentant un aspect trouble de couleur jaune et du gaz dans la cloche (1/10ème de la cloche), sont considérés comme positif autrement dit pouvant contenir des coliformes totaux.

- le nombre de tubes positifs dans chaque série doit être noté et se reporter à la table de Mac Grady pour obtenir le nombre de coliformes totaux présents dans 100 ml d'eau à analyser.

Après l'incubation, on observe une trouble et changement de couleur dans le tube contenant l'eau peptonée exempt d'indole, et après l'addition de réactif de KOVACS on observe qu'il y a production de gaz et un anneau rouge a la surface de tube.

Le nombre des coliformes est déterminé avec la table de Mac Grady.

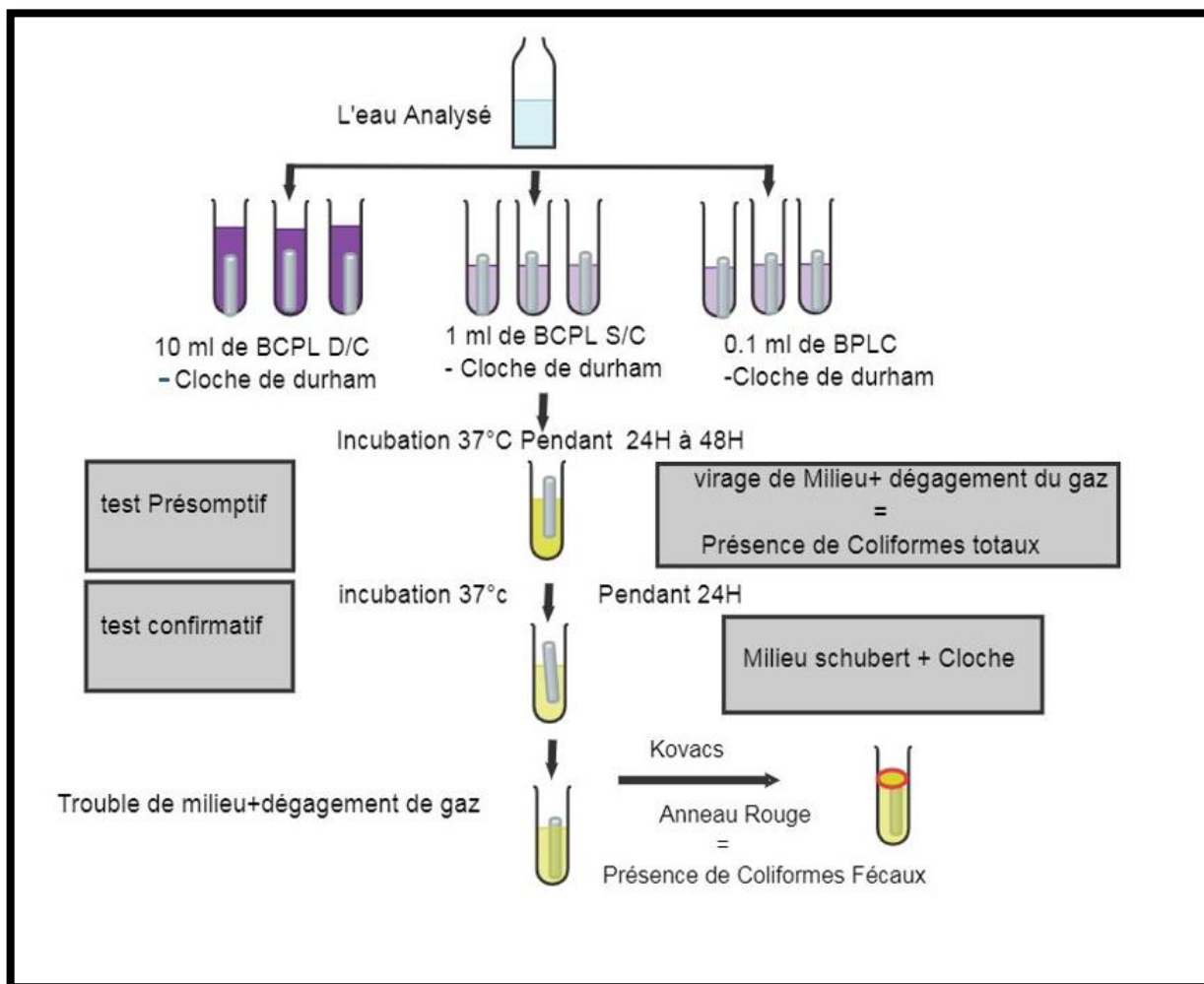


Figure 17 : Protocol de recherche des Coliformes totaux et Fécaux (Photo Personnelle).

7. Détermination de l'origine de la contamination fécale :

Pour déterminer l'origine de la contamination fécale des eaux étudiées nous avons utilisé

Le rapport CF/SF qu'est définis par Borrego& Romero (1982) ; la contamination est d'origine Animale si le rapport (R) coliformes fécaux (CF)/ streptocoques fécaux (SF) est inférieur à 0,7, et d'origine humaine si ce rapport est supérieur à 4. L'origine de la contamination est Mixte à prédominance animale si R est compris entre 0,7 et 1 ; cette origine est incertaine si

RSE compris entre 1 et 2. L'origine de la contamination est mixte à prédominance humaine si RSE situe entre 2 et 4 (Nechakh *et al.*, 2015).

7.1 Recherche des streptocoques fécaux (SF)

Les streptocoques constituent la famille de streptococcaceae qui regroupe des Genres très fréquents dans l'industrie alimentaire comme contaminants et surtout comme agents de fermentations lactique.

Les streptococcaceae sont des coques gram positif, a sporulées généralement groupées en paires ou surtout en chaîne de longueur variable, généralement immobiles. Ils sont catalase négatives, certains pédiocoques possèdent un pseudo catalase et peuvent apparaître catalase positives.

La différenciation entre genres est basée sur l'arrangement des cellules et sur le type de fermentation lactique (homo ou hétéro lactique). (Guiraud et Galzy, 1980)

❖ Principe:

Leur recherche utilise un milieu de présomption de Roth et un autre de confirmation de l'Eva Litsky en cas d'obtention d'un résultat positif dans le premier test.

❖ Mode opératoire :

Test présomptif

Ensemencement d'une série de tubes contenant le milieu de Rothe

- 3tubes de Rothe D/C avec 10ml d'eau.
- 3tubes de Rothe S/C avec 1ml (20gouttes) d'eau.
- 3tubes de Rothe S/C avec 0,1ml (2 gouttes) d'eau.

Incubation 37°C/48h (présomption).

Test Confirmatif

La confirmation à partir des tubes positifs. (virage, trouble du milieu).

Repiquage sur EVA Litsky à 37°C/24h.

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des Streptocoque fécaux

Éventuellement présents dans le test de présomption, Les tubes de Rothe positifs, après l'agitation, prélevée de chacun d'eux quelques gouttes à l'aide d'une pipette pasteur, les ensemencer dans des tubes contenant le milieu Eva Litsky, bien mélanger le milieu et l'inoculum et l'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures (**Figure 18**).

✓ Lecture

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

Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu pendant cette période est présumé contenir un streptocoque fécal. La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP.

✚ Expression des résultats :

- Les tubes de Rothe présentant un trouble microbien sont considérés comme positifs (présence de streptocoques).

-Présence d'une pastille violette au fond de tube.

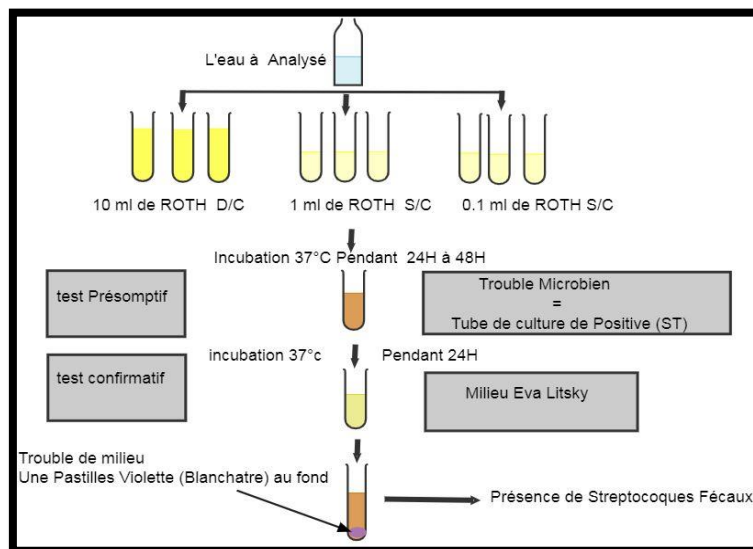


Figure 18 : Protocol de Recherche des Streptocoque Totaux et Fécaux

(photo Personnelle).

8. Recherche et dénombrement des bactéries anaérobies Clostridium sulfito-réductrices (ACSR):

Les anaérobies Clostridium 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 ACSR constituent généralement des indices de contamination ancienne (**Lebres, 2006**).

❖ Mode opératoire

- On introduit dans 4 tubes à essai 20 ml d'échantillon d'eau à analyser (5 ml dans Chaque tube).
- On place les tubes au bain marie à 80 °C pendant 10 minute dans le but de détruire Toutes les formes végétatives.
- On refroidit sous l'eau du robinet ces tubes, puis on ajoute 2 gouttes d'alun de fer et 4 Gouttes de sulfites de sodium puis on remplit les 4 tubes par la gélose viande foie en Surfusion et refroidie à une température de l'ordre de $45 \pm 1^\circ\text{C}$.
- On mélange doucement, en évitant la formation des bulles d'air.
- On incube à 37 °C et on procède à une première lecture après 16 heures, car très Souvent les spores des anaérobies sulfito-réducteurs sont envahissantes ce qui rendra la Lecture impossible, sinon on fera une deuxième lecture après 24 et dans le cas échéant Après 48 heures.
- Les Clostridium sulfito-réducteurs réduisent le sulfite de sodium, en produisant des Colonies entourées d'un halo noir dû à la formation de sulfure de sodium.

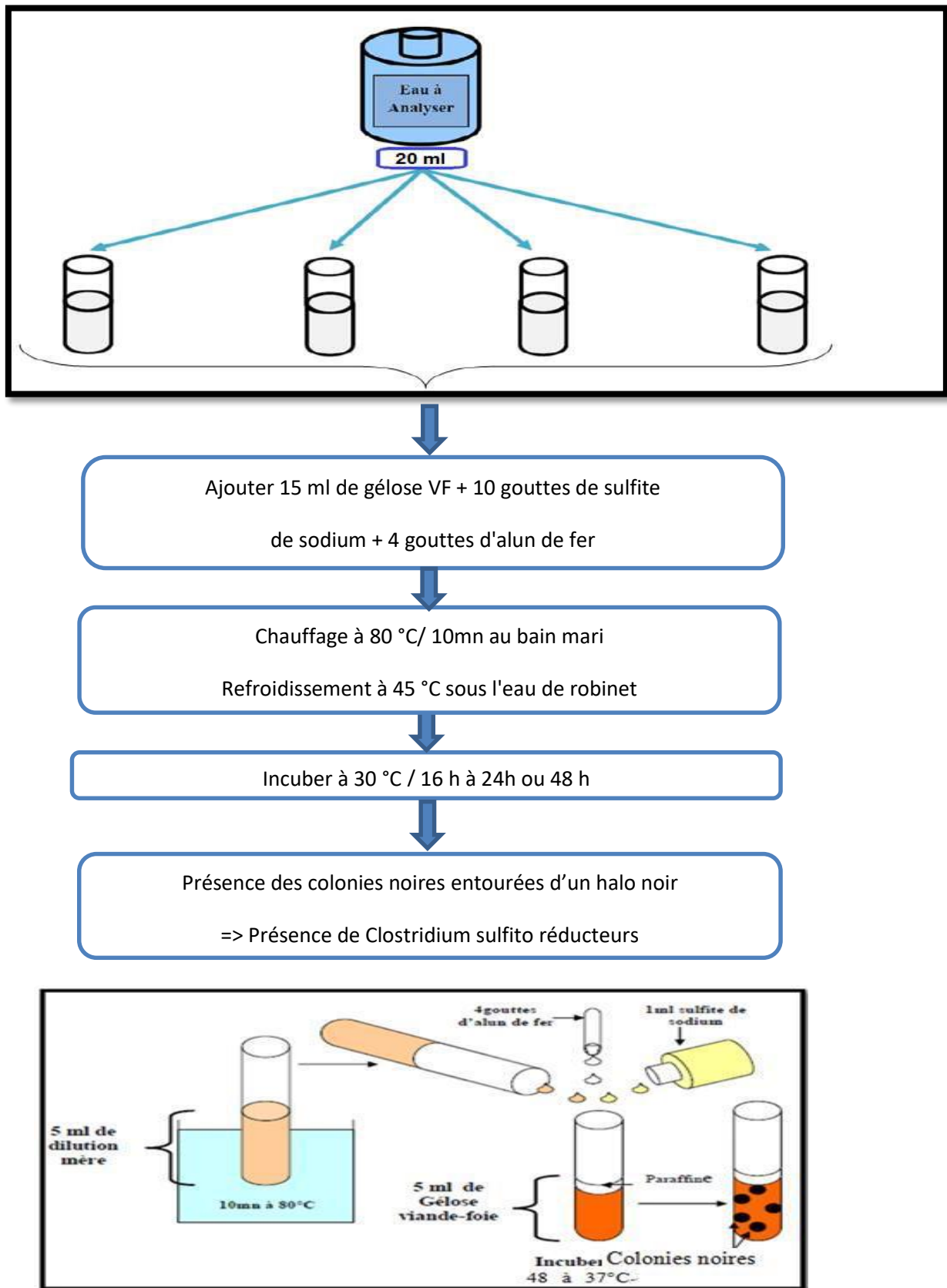


Figure 19 : Etapes détaillées de mode opératoire du dénombrement des Clostridium Sulfite Réducteurs.

9. Recherche des germes pathogènes :

Il existe une grande variété de bactéries pathogènes ou potentiellement Pathogènes (opportunistes) pour l'homme dans tous les types d'eaux. Celles-ci vivent ou survivent dans l'environnement, soit provenant des rejets humaines, éliminées par des sujets malades ou des porteurs sains, soit étant autochtones et pouvant s'adapter à L'homme (**Bouteldja et al, 2016**).

Les germes recherchés sont choisis, dans les limites des moyens disponibles. Les germes Recherchés sont : Salmonella, Staphylocoques, Vibriocholoréque, Hektoen, Chapman, GNAB, L'inoculum prélevé à partir de l'eau à analyser et déposé sur un point périphérique de la Gélose puis disséminé par stries sur toute la surface de la boîte de pétri. Les boîtes sont codées puis incubées à 37 °C pendant 24-48 heures.

9.1 Recherche des salmonelles :

Les Salmonelles sont des bactéries entériques en forme de bâtonnets, anaérobies facultatives, Gram négatif, mobiles pour la plupart avec des flagelles péritriches et qui produisent du sulfure d'hydrogène. Se développent à une température de 37°C pendant 24 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 (**Khemis, 2013**).

❖ Mode opératoire

Etape 1 : Effectuer un enrichissement dans des tubes contenant 9 ml de milieu SFB, Ajouter 1ml d'eau à analyser (ECH) 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 et la gélose hektoen dans les boîtes de pétris, Incuber à 37°C pendant 24 heures.

Etape 3 : Après l'incubation, une lecture s'effectuera sur les boîtes contenant la gélose Hektoen, sachant que les salmonelles se présentent sous forme de colonies moyennes de Couleur vertes généralement a centre noir. (**Lebres, 2002**).

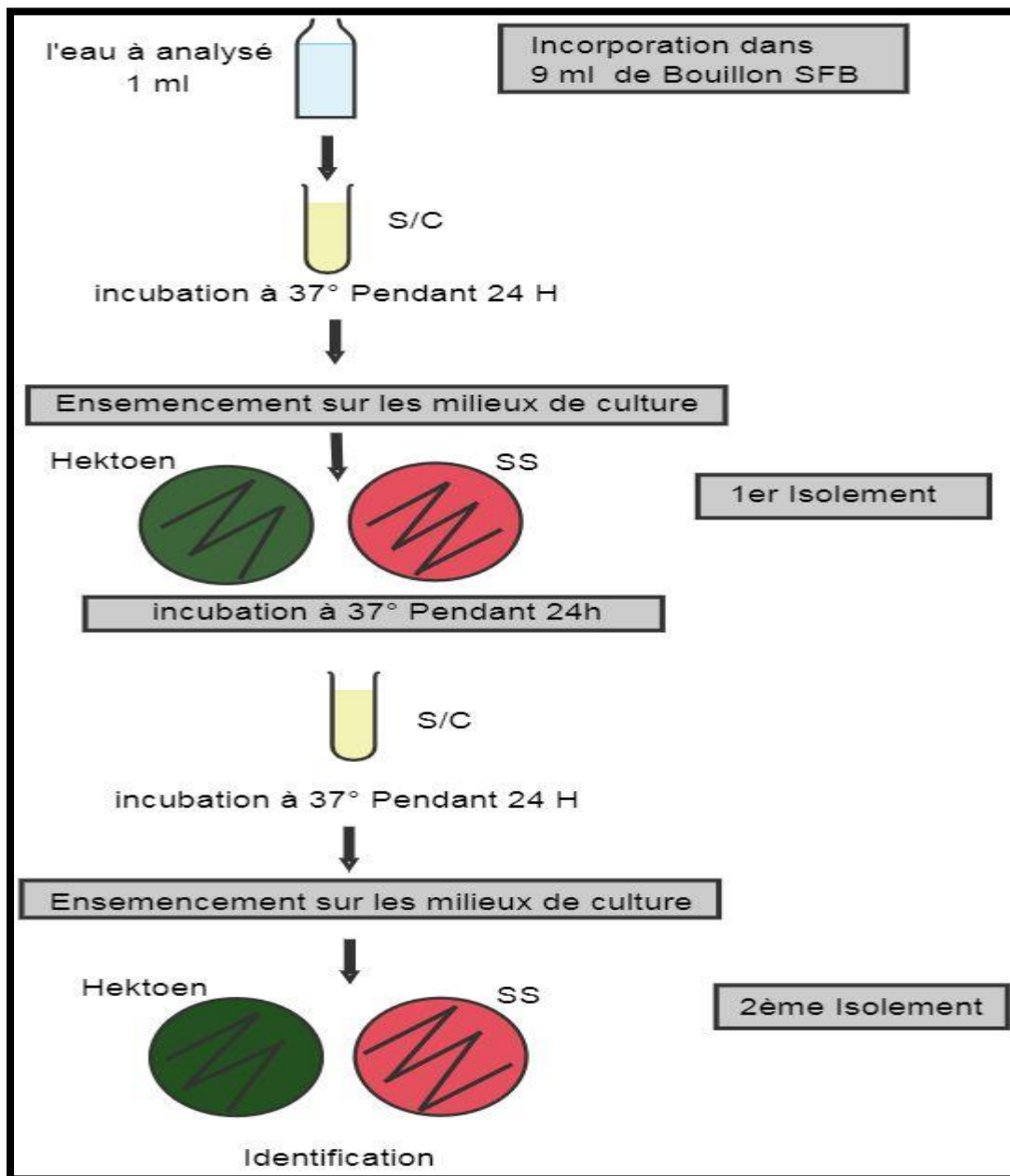


Figure 20 : Protocole de Recherche De Salmonelle (photo personnelle).

10. Recherche Des Staphylocoques Pathogènes :

Les Staphylocoques sont des cocci à Gram positive, très répandus dans la nature (air, eau, sol) et vivent souvent à l'état commensal sur la peau et les muqueuses des humains et des animaux. Le genre *Staphylococcus* est constitué de plusieurs espèces dont les principaux :

Staphylococcus aureus, *Staphylococcus épidermes*, *Staphylococcus saprophyticus*,

Staphylococcus Intermedius (Bouteldja et al., 2016).

❖ Mode opératoire

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

❖ Isolement

A partir de la solution mère et à l'aide d'une anse de platine stérile, porte 2 gouttes de l'eau et ensemercer sur une boîte de milieu Chapman. Incuber à 37 °C pendant 24h (**Figure20**).

✓ Lecture

Les colonies de *Staphylococcus aureus* s'entourent d'un halo jaune du 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 (**Joffin et Leyrol, 2001**).

La présence de *staphylococcus aureus* est confirmée par les tests de la catalase et la

Coagulase.

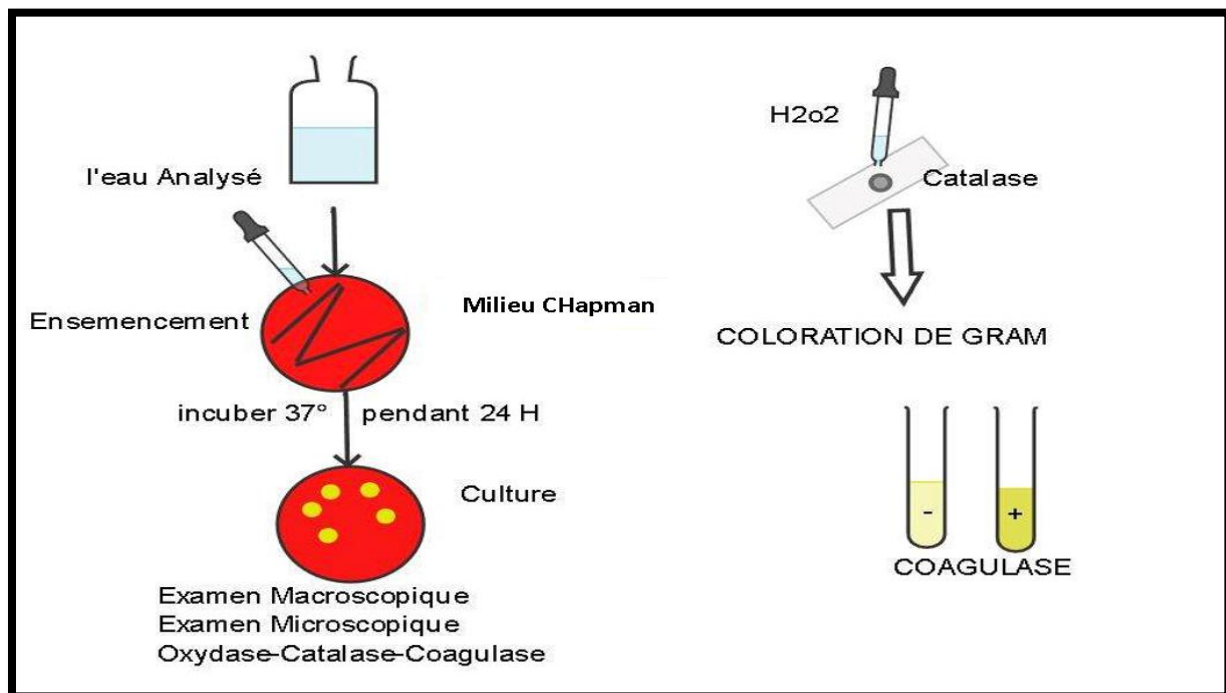


Figure 21 : Protocole de recherche de Staphylococcus (photo personnelle).

Recherche de l'oxydase

Le terme d'oxydase désigne une enzyme recherchée en bactériologie systématique. La présence d'oxydase 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 (-).

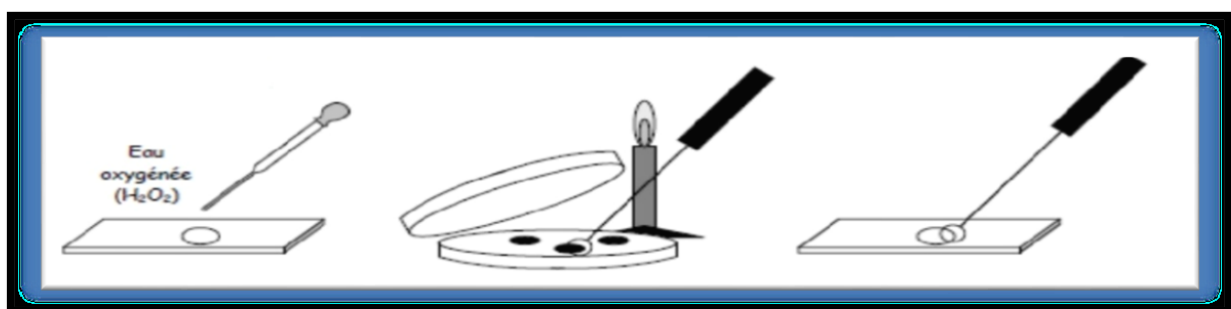


Figure 22 : Recherche d'oxydase (**Alia et al., 2018**).

- **Le principe**

Ce test permet de mettre en évidence une enzyme : la phényle diamine oxydase des Bactéries à partir de leur culture en milieu gélosé. Cette enzyme est capable d'oxyder un

Réactif : le N diméthylparaphénylène diamine.

Ce réactif est incolore et en présence de l'enzyme, il libère un composé rose-rouge,

Noircissant à l'air.

Réactif incolore — phénylènediamine oxydase — composé rosé.

❖ La technique

Le réactif peut se trouver sous deux formes :

Soit en solution : sur une lame de verre, déposer un carré de papier filtre et l'imbiber

D'une solution fraîchement préparée de réactif.

Soit sous la forme d'un disque pré-imprégné par le réactif. Dans les deux cas, écraser

Avec une effilure de pipette Pasteur une colonie de germes à étudier sur ce papier (Instrument n'oxydant pas le réactif) (**Figure 23**). (**Amira, 2008**).

✓ La 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'oxydase, le test est négatif

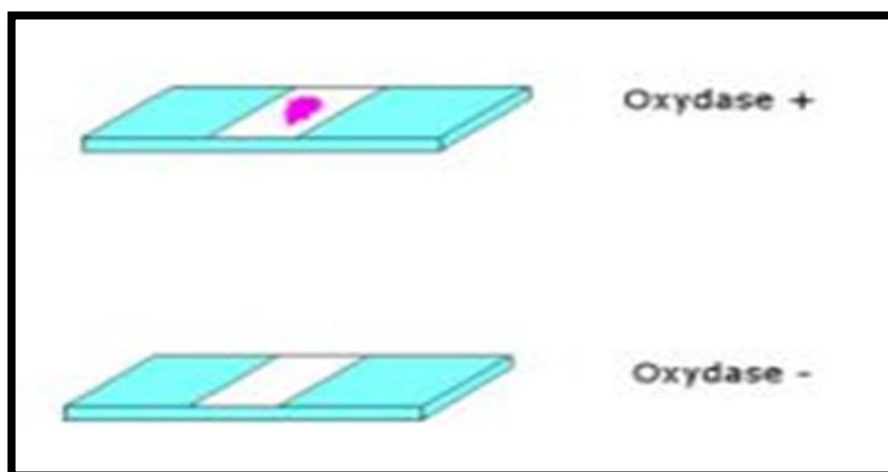


Figure 23 : résultat d'oxydase.

Recherche de catalase

La catalase est un produit métabolique toxique pour les bactéries. 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 (*Streptococaceae*)

Catalase (-). (Delarras, 2003).

❖ Le principe

Cet 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 (+).

❖ 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 (**Figure 22**).

✓ La lecture

Si un dégagement de bulles de gaz (oxygène) apparait le teste dit positif (Delarras, 2003).

Recherche de staphylocoagulase :

Ce test est utilisé en bactériologie médicale ou des eaux pour caractériser des souches de staphylococcus aureus isolé sur le milieu de Chapman (Delarras, 2003).

❖ Le principe :

Cet est a pour but de mettre en évidence la pathogénicité d'un *staphylocoque*. Les

Staphylocoques pathogène secrètent une enzyme dite "la staphylo coagulase" qui a la propriété de coaguler le plasma (Aouissi, 2010).

Cinq colonies sont repiquées sur des tubes de bouillon cervelle-cœur , après

Incubation à 37°C pendant 18 heures, 0.5 ml de culture sont ajoutés à 0.5 ml de plasma de lapin. L'ensemble est bien agité, puis incubé à 37°C. Les tubes sont examinés après une heure, 04 heures, puis après 24 heures (Figure 20) (Bourgeois et Leveau, 2008).

✓ La Lecture

- S'il y a coagulation du plasma, le test Coagulase est positif ; la souche est

Staphylococcus aureus.

- S'il n'y a pas de coagulation du plasma, test Coagulase est négatif ; Le résultat est Ininterprétable, il faut faire d'autres tests (ADNase thermostable, recherche protéine A,

Recherche récepteur au fibrinogène). (Souadkia., Zaimen., 2015) (Recherche de l'enzyme Coagulase (Hadji, 2020).

11. Recherche de Vibrios cholériques

Les Vibrios sont des bâtonnets incurvés en virgule ou droit, mobiles et aérophiles, Gram négative et oxydase positif, aéro-anaérobies facultatifs, fermentant le glucose sans production de gaz. Ils sont plus ou moins basophiles (pH 8.5 à 9), halophiles ou halotolérantes suivant les Espèces.

La recherche de vibrio-cholerae se fait sur milieu d'enrichissement eau péptonée alcaline (EPA) et le repiquage sur gélose nutritive alcaline biliée GNAB.

Les colonies de vibrio sont fines, plates, transparentes et blanches sur gélose GNAB (Hadji,2020).

Incorporation de Ech sur EPA incubé 24H à 44°

-Après 24h : On ajoute 2 gouttes sur le GNAB et On fait l'enrichissement

-Après 24h : on ajoute 2 gouttes sur Un EPA puis 2 gouttes sur GNAB on fait 2ème enrichissement.

Mode opératoire :

- **Etape 1** : L'enrichissement primaire s'effectue de l'incorporation de l'échantillon sur le milieu eau peptonée alcaline (EPA),

Contenue dans des tubes de 9ml ; auquel 5ml d'eau à analyser (ECH), 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 (2 gouttes) dont le prélèvement sera effectué à partir de la Surface du milieu (EPA).

-Après 24h : on Ajoute 2 gouttes sur Un EPA puis 2 gouttes sur GNAB on fait 2ème enrichissement L'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures.

- **Etape 3**: Après incubation ; la boîte de gélose GNAB subira une lecture en tenant compte du fait que les vibrions se présentent le plus souvent sous forme de grosses colonies lisses, Transparentes et très caractéristique (**Figure 24**) (**Labres et al., 2008**)
- Identification par les deux tests catalase et oxydase.

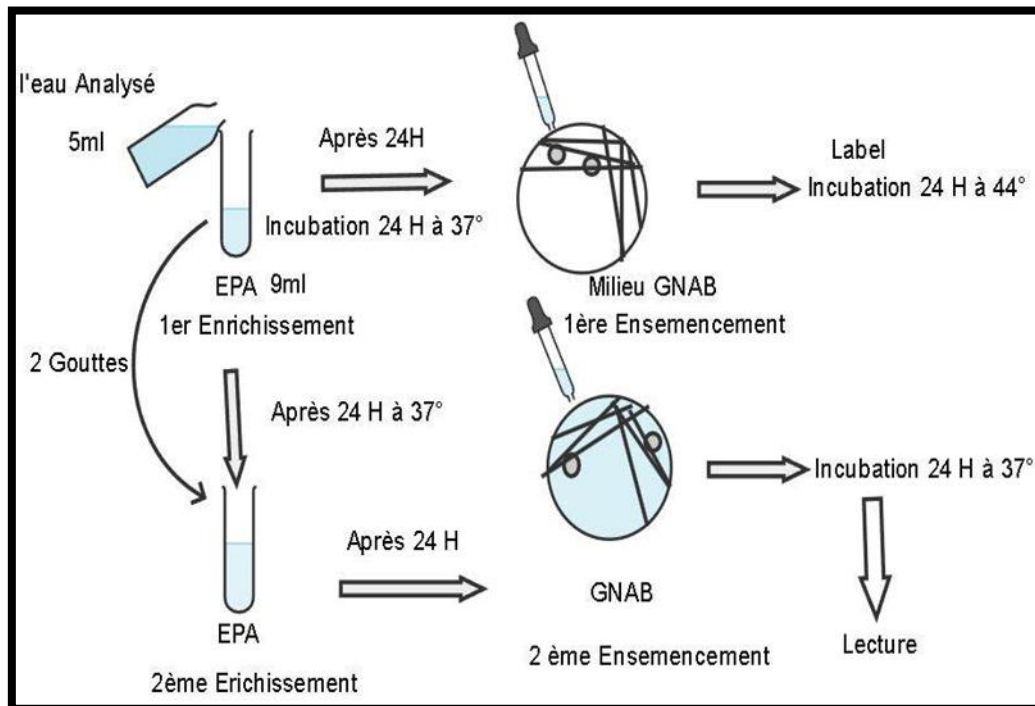


Figure 24 : Protocole de recherche de *Vibriion cholera* (photo personnelle).

12. Recherche et dénombrement des levures et moisissures :

Principe :

Les levures et les moisissures peuvent pousser sur milieu Sabouraud sélectif par addition de chloramphénicol (antibiotique très actif sur les bacilles Gram-) (**Bourgeois et Leveau, 1980**).

Mode opératoire (NA 59 11, 1996) :

- à partir de la suspension mère ou des dilutions décimales, transférer aseptiquement 1ml de produit à analyser dans des boîtes de pétri stériles ;
- couler dans chacune des boîtes de pétrie, environ 15ml de gélose Sabouraud au Chloramphénicol, fondu puis refroidie et maintenue à $47\pm 2^{\circ}\text{C}$ dans un bain d'eau ;
- mélanger soigneusement avec des mouvements de va et vient et en forme de «8 » pour bien homogénéiser la gélose et l'inoculum ;
- laisser le mélange se solidifier sur une paille et horizontale pendant 15 minutes
- incuber les boîtes couvercle en bas à 25°C pendant 5 jours.

❖ Lecture :

Pour le dénombrement des colonies, faire la distinction entre les levures et les moisissures selon leur aspect macroscopique : les moisissures sont des colonies toujours pigmentées, à l'aspect velouté plus ou moins renflés et les levures sont des colonies ressemblant à celle des bactéries, peuvent avoir des bords réguliers ou irréguliers, des formes convexes ou plates et sont souvent opaques. Multiplier le nombre trouvé par l'inverse de la dilution et les résultats sont exprimés en UFC/ml ou UFC/g de produit analysé (loi de KOSS). A partir des dilutions décimales.

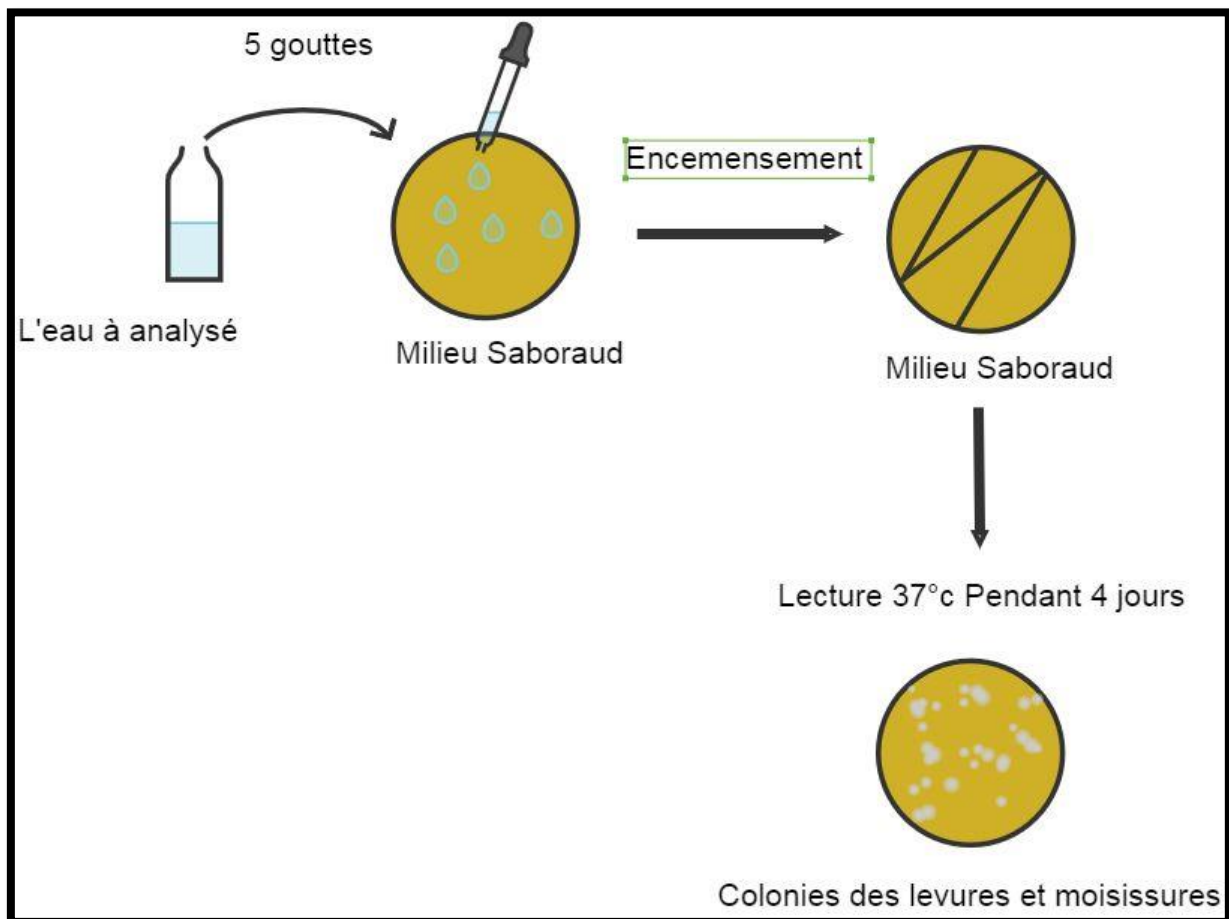
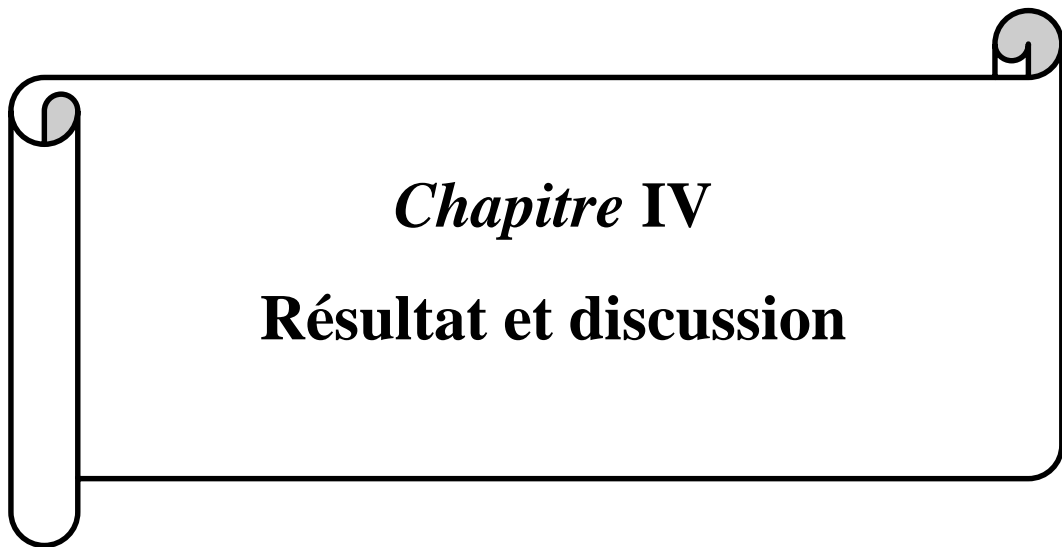


Figure 25 : Protocole Recherche et dénombrement des levures et Moisissures (photo Personnelle).



Résultats d'analyses bactériologiques

Dans l'eau consommée par la population, il est nécessaire d'effectuer des analyses bactériologiques de l'eau. Ces analyses permettent de vérifier l'efficacité des traitements de désinfection.

Les analyses bactériologiques de l'eau se concentrent principalement sur l'étude d'indicateurs de contamination. Dans une eau naturelle, ces indicateurs permettent d'évaluer la présence de polluants, tandis que dans une eau traitée, ils servent à évaluer l'efficacité du traitement (**Rodier et al., 2009**). Les résultats des analyses bactériologiques des échantillons d'eau ont été présentés sous forme de graphiques illustrant les variations des différents paramètres étudiés.

2. Résultat des germes totaux (FMT).

Ces micro-organismes, également appelés micro-organismes revivifiables, n'ont pas d'effets directs sur la santé mais, dans certaines circonstances, ils peuvent causer des problèmes dans les systèmes de dialyse. Ces bactéries sont d'origine intestinale (humaine ou animale) et sont dénombrées à une température de 37°C pendant une période d'incubation de 48 heures.

Les bactéries viables ont tendance à se développer principalement à des températures plus basses, leur origine ne doit pas nécessairement être d'origine fécale, car elles peuvent également provenir de l'environnement. Elles fournissent également des informations précieuses, telles que la prolifération de la flore dans une eau contenant une quantité élevée de matière organique (**Rodier, 2009**).

Les résultats de la recherche et le dénombrement des fermes totaux dans les quatre sources d'eau et les deux sources d'eau potable pendant la période de recherche, sont présentés dans les figures (25). Les dénombrements ont été effectués à une température de 37°C.

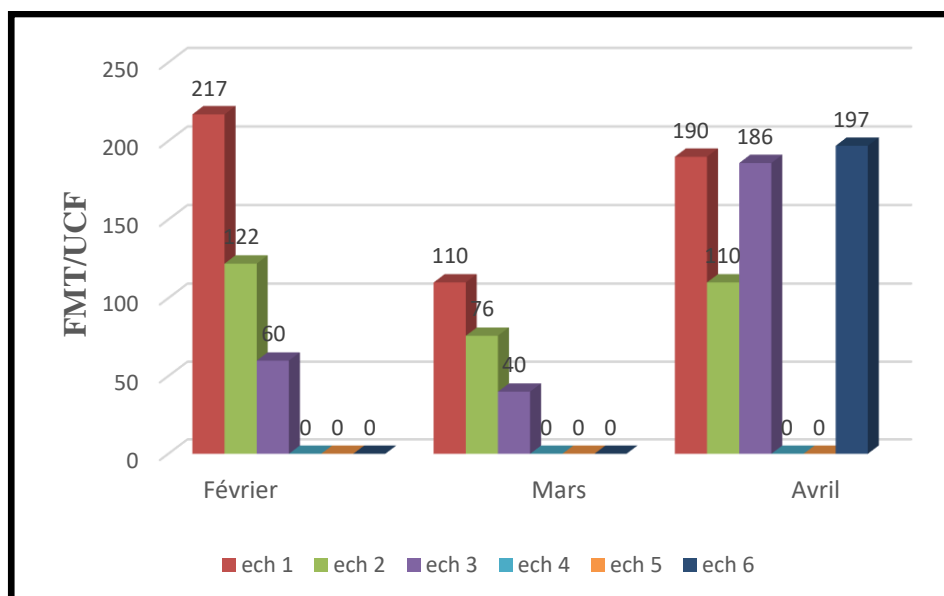


Figure 26 : Evolution des germes totaux à 37°C de l'eau de quatre sources et deux points de l'eau potable durant 3 échantillonnages dans le mois de Février, Mars et Avril.

D'après les résultats présentés dans la figure, pour les germes totaux à 37°C. Et pour les eaux de source naturelles, on a remarqué quelles valeurs élevées ont été enregistrées dans la source de Ain El Rmel (S1) pendant les deux mois de prélèvements (Février et Avril) avec 2170 UFC/ml et 1900 UFC/ml dans le mois de Février et Avril, respectivement. La valeur minimale est de 400 UFC/ml a été dénombrée dans la source Ain Dahwara (S3) pendant le mois de Mars.

En ce qui concerne les autres sources, l'échantillon prélevée à partir de source de Ain Sellaoua (Ech4), on a noté une absence totale de ces germes durant les trois mois d'échantillonnages.

Donc on comparant les résultats des trois sources d'eau (Ain el Rmel, Ain Guergour et Ain Dahwara) ou on a noté une présence des germes durant les trois mois on remarque que les valeurs des FMT ont été diminué dans le mois de Mars, après une enregistrement des grandes valeurs dans le mois de Février puis après cette diminution on a noté encore une fois une augmentation. Cela peut être se traduit par l'influence de la température sur la croissance de ces micro-organismes. Cette diminution peut être due au phénomène de dilution qui se produit après les précipitations et l'exposition à des températures d'eau très basses.

De plus, pour les eaux de robinet (Eau potable) et pour les germes totaux à 37 °C on a remarqué que les valeurs élevées ont été enregistrées dans l'eau de robinet de la région de Guelma Ech (6) avec 1970 UFC/ml pendant le mois d'Avril. Alors que pour les autres mois de prélèvement, une absence totale des FMT a été observée.

Par contre pour l'eau de robinet de la région de Tamlouka (5), on a enregistré une absence totale de ces germes durant tous les trois mois de prélèvements (Février, Mars et Avril).

2. Résultat des coliformes totaux et coliformes fécaux

2.1. Résultat des coliformes totaux (CT)

Les coliformes totaux sont un groupe diversifié de bactéries provenant à la fois des excréments et de l'environnement. La détection des coliformes revêt une importance capitale en raison de leur présence abondante dans les matières fécales des animaux à sang chaud. Par conséquent, ils sont considérés comme des indicateurs de premier ordre (Nechakh et al., 2015).

La variation du nombre des bactéries dans les différents sites de prélèvement pendant les trois mois sont illustrés dans la figure ci-dessous.

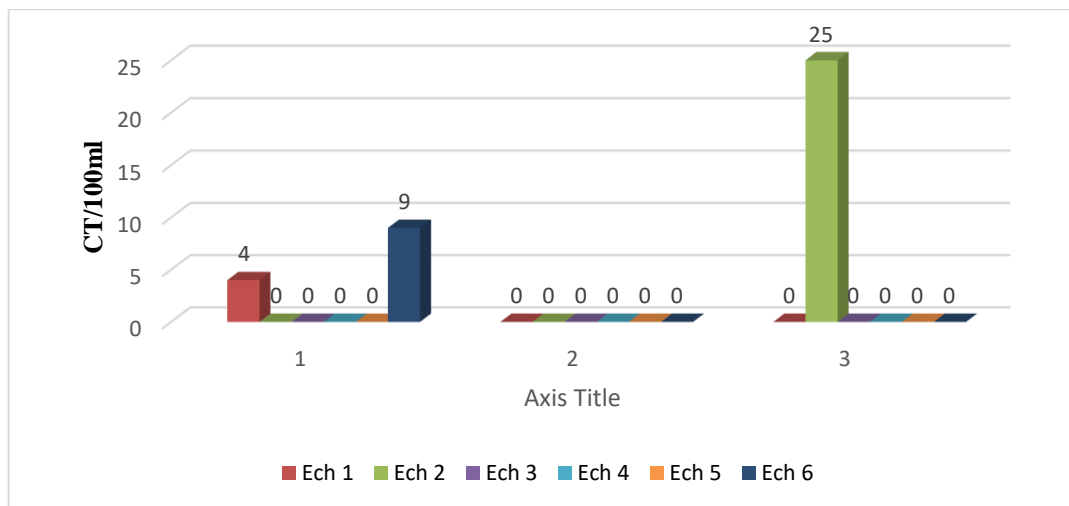


Figure 27 : Variation CT (coliformes totaux) /100 ml des eaux de quatre sources d'eau naturelle et deux points de l'eau de robinet durant (Février, Mars et Avril 2023).

Pour les eaux des sources naturelles et pour les coliformes totaux on a enregistré dans le mois de Février une valeur 4 CT / 100 ml dans la source de Ain El Remel (S1). Par contre on a noté une absence totale des coliformes totaux (CT) pour le 2^{ème} mois échantillonnage dans le mois de Mars pour tous les points de prélèvement. Pour le mois d'Avril, on a enregistré une présence des CT seulement dans ech (S2) (Ain Guergour) avec une valeur de 25 CT/100ml.

D'après ces résultats, on remarque que les valeurs enregistrées dans les échantillons (S1) et (S2) pendant le mois de Février ne dépassent pas les valeurs seuils établies par l'OMS de la réglementation algérienne qui sont 10 CT/100ml (**JORA, 2017 ; OMS, 2011**). Par contre, pour le mois d'Avril et pour ech (S2). Ce résultat dépasse légèrement les valeurs seuils établies par l'OMS de la réglementation algérienne. Ce qui traduit la présence des coliformes qui peut être due aux activités humaines. Cette présence peut être liée de la localisation de cette source d'eau naturelle qui est à côté d'une zone urbaine.

Donc, les concentrations des coliformes totaux au niveau des sources pour le mois de Février et Mars sont variables mais sont toujours inférieurs par rapport aux normes. Seulement pour le mois d'Avril elle dépasse les normes dans une seule source (S2).

Cette variation au niveau des eaux de sources est due probablement à la dilution des eaux par des eaux pluviales autant que des quantités importantes de pluie sont tombées avant notre deuxième et troisième échantillonnage (Mars et Avril). Le nombre des coliformes totaux est naturellement plus important que celui des coliformes fécaux.

Pour l'eau de robinet on a noté une valeur de 9 CT/100 ml pour l'échantillon 6 qui est l'eau de robinet de la région de Guelma pour le mois de Février, cette valeur n'est dépassé légèrement les valeurs seuils établies par l'OMS de la réglementation algérienne qui sont 10 CT/100ml (**JORA, 2017 ; OMS, 2011**). Pour les autres moi d'échantillonnage on a noté une absence totale des CT ce qui indique l'efficacité de traitement des eaux de barrage.

2.2. Les coliformes fécaux (CF) :

Selon (Rodier *et al.*, 2009), l'interprétation des résultats liés à la présence de coliformes totaux est problématique, car bien que certains de ces bactéries détectées indiquent une pollution d'origine fécale, d'autres proviennent de l'environnement. Par conséquent, il est essentiel d'être attentif aux échantillons positifs pour les coliformes, car cela ne signifie pas toujours une contamination fécale.

De plus, la présence d'*Escherichia coli* (un type de coliforme fécal) dans l'eau révèle une contamination d'origine fécale, qu'elle soit humaine ou animale. Toute eau contenant ces bactéries ne doit pas être utilisée à des fins de consommation. Étant le coliforme le plus couramment retrouvé dans les matières fécales la recherche d'*Escherichia coli* revêt une importance cruciale.

La détection de coliformes fécaux dans les eaux destinées à la consommation est un signe révélateur d'une pollution ou d'une contamination d'origine fécale. Cette contamination peut être causée par des conditions météorologiques lors de l'échantillonnage, notamment lorsque les eaux souterraines peu profondes sont plus susceptibles d'être contaminées par le lessivage des déchets animaux après de fortes précipitations.

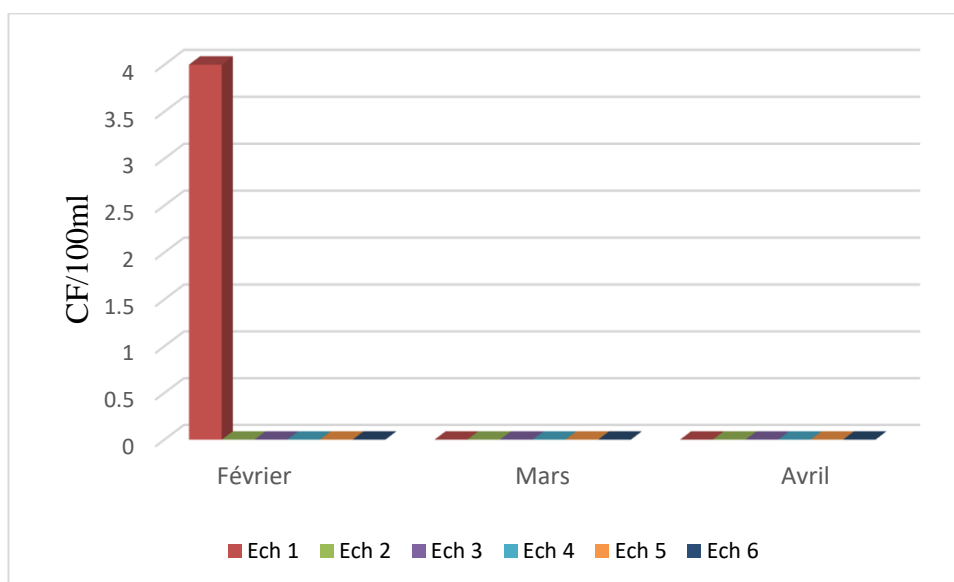


Figure 28 : Variation des CF (coliformes fécaux) /100 ml des eaux de quatre sources d'eau naturelle et deux points de l'eau de robinet durant (Février, Mars et Avril 2023).

D'après les résultats représentés dans le graph qui illustré dans la figure 26. On observe que le nombre des coliformes totaux est naturellement plus important que celui des coliformes fécaux.

Pour les eaux de source, on observe que le nombre de coliformes fécaux dépasse la norme de la réglementation algérienne (**JORA, 2017**) et de l'**OMS (0 CF/100ml)** pour la source Ain El Rmel (S1) avec 4 CF/100 ml. Tandis que pour les autres sources on a enregistré l'absence totale des germes pour le mois de Février, Mars et Avril. La présence des coliformes fécaux dans les eaux de consommation atteste d'une pollution ou d'une contamination d'origine fécale soit animale ou bien humaine autant que cette source d'eau est très proche de la population et des pâturages, dont les eaux de nappes peu profondes sont plus souvent contaminées suite au lessivage des déchets des animaux après des précipitations. Donc il est probable que la présence des animaux domestiques au voisinage des stations représente la cause principale de cette contamination.

Pour les eaux de robinet nous montre que le nombre de coliformes fécaux dépasse la norme de la réglementation algérienne (**JORA, 2017**) et de l'**OMS (0 CF/100ml)** pour les deux échantillons d'eau de robinet durant tous les mois de prélèvements. Ou une absence totale des germes a été observée. Cette absence indique un bon traitement d'eau par la station de traitement des eaux.

3. Résultat des streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux sont prévalent dans la flore intestinale des animaux herbivores domestiques, ce qui en fait d'excellents indicateurs de contaminations récentes par les matières fécales des animaux (**Rodier, 1996**). Selon l'**OMS**, la majorité des streptocoques fécaux proviennent de l'activité humaine, mais certaines bactéries de ce groupe peuvent également être présentes dans les excréments animaux et même sur les végétaux.

Ces streptocoques sont considérés comme des indicateurs de pollution fécale et leur principale caractéristique réside dans leur résistance. Le nombre de streptocoques fécaux est directement lié à la quantité de matière fécale présente dans l'eau, ce qui en fait d'excellents indicateurs de contamination récente par les excréments animaux. Les résultats de leur dénombrement sont présentés dans la (**figure 29**)

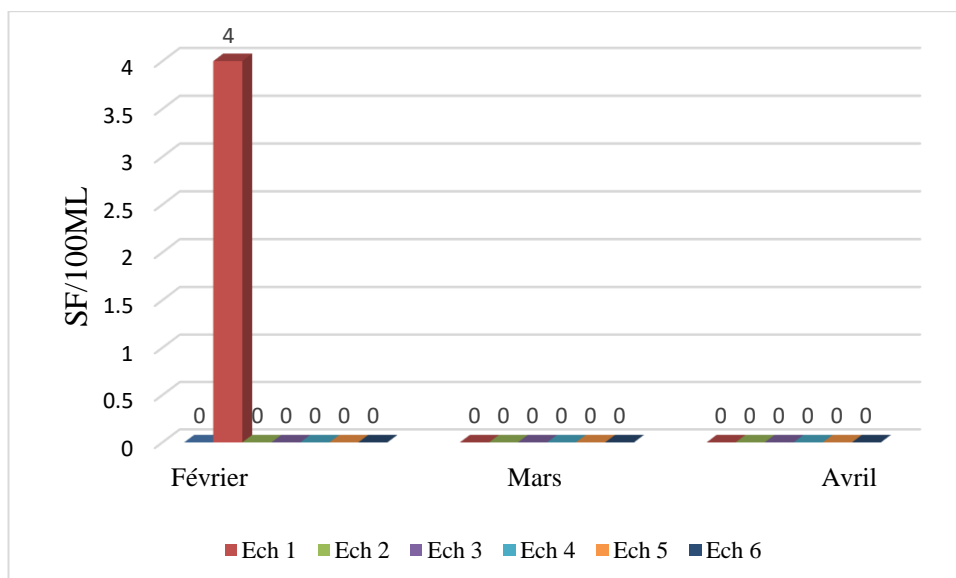


Figure 29 : Variation des SF (streptocoques fécaux) /100 ml des eaux de quatre sources d'eau naturelle et deux points de l'eau de robinet durant (Février, Mars et Avril 2023).

Pour les eaux des sources naturelles et à partir de graph présenté dans la figure 28 des streptocoques fécaux, on a noté la présence de 4 SF/100ml dans la source de Ain El Rmel, cette résultat est dépassé les normes **d'OMS** limité et de la réglementation algérienne alors que concernant les autres sources d'eau naturelles une absence totale des streptocoques fécaux dans toutes points d'échantillonnage durant tous les mois de prélèvement ce qui ne dépassent pas les normes **d'OMS** limité et de la réglementation algérienne (0UFC/100ml). Au contraire avec autre étude qui a été faite par **Chaibderraine et al.,2022** sur la qualité microbiologique des eaux des sources naturelles, et qui ont observé une présence des streptocoques fécaux dans les deux sources de Ain Selaoua et Ain El Rmel.

Le même rythme a été observé ou une absence totale des streptocoques fécaux a été noté dans les deux points d'eau de robinet (L'eau potable).

Donc les résultats enregistrés ne dépassent pas ainsi normes **d'OMS** limité et de la réglementation algérienne (**JORA**) (0UFC/100ml).

4. Résultats de la détermination de l'origine de la contamination fécale

Le rapport CF/SF a été utilisé en par **Geldreich et Kenner,1969**. Où un ratio supérieur à 4 indique une origine humaine, tandis qu'une valeur inférieure à 0,7 montre une origine de pollution animale. CF/SF compris entre 0,7 et 1 mixte à prédominance animale, CF/SF compris entre 1 et 2 d'origine incertaine, CF/SF compris entre 2 et 4 mixte à prédominance humaine, CF/SF > 4 Source exclusivement.

Tableau 07 : Origine de la pollution selon le rapport Coliformes fécaux/Streptocoques fécaux (CF/SF).

Echantillon	Mois d'échantillonnage	Le rapport CF/SF	L'origine de la contamination fécale
Ain El Rmel (Ech 1)	Février	1	Mixte à prédominance animale
	Mars	–	–
	Avril	–	–
Ain Guergour (Ech 2)	Février	–	–
	Mars	–	–
	Avril	–	–
Ain Dahwara (Ech 3)	Février	–	–
	Mars	–	–
	Avril	–	–
Ain Selaoua (Ech 4)	Février	–	–
	Mars	–	–
	Avril	–	–
Eau de robinet Tamlouka (Ech 5)	Février	–	–
	Mars	–	–
	Avril	–	–
Eau de robinet Guelma (Ech 6)	Février	–	–
	Mars	–	–
	Avril	–	–

Selon les résultats obtenus sur le tableau au-dessus (**tableau 7**), le rapport CF/SF montre que l'origine de la contamination fécale pour le site de la source Ain El Remel pendant le mois de Février est représentée une contamination à prédominance animale, mais elle peut être aussi d'origine incertaine.

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

Les bactéries anaérobies sulfito-réductrices, provenant des matières fécales, sont des micro-organismes capables de former des spores et de survivre pendant de longues périodes dans l'eau. Leur présence est donc indicative d'une pollution ancienne (**Rejsek, 2002**). Ces bactéries sont moins sensibles aux agents désinfectants, ce qui en fait un bon indicateur de l'efficacité de la désinfection (**Hamed et al., 2012**).

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

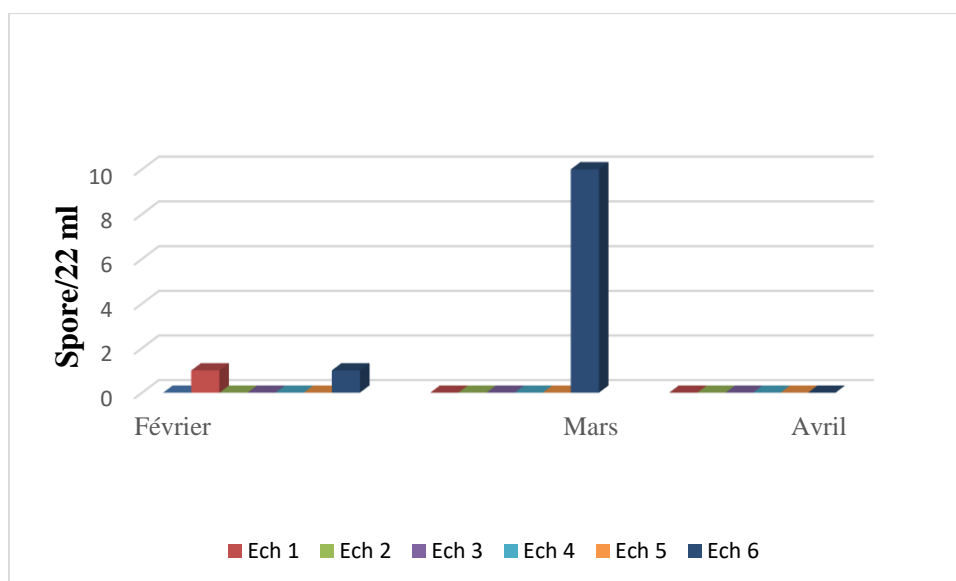


Figure 30 : Variation des ASR/22 ml (anaérobies sulfito-réductrices) des eaux des quatre sources et deux points de l'eau de robinet (**Février, Mars et Avril 2023**).

La présentation graphique au-dessous montre que les valeurs élevées des spores des ASR au niveau des sources d'eau naturelles a été enregistré au niveau de source Ain El Rmel (Ech 1) avec une valeur de 1 spore /22ml durant le mois de Février, alors que pour les autres

sources on a enregistré une absence totale des germes pour tous les mois de prélèvements, la résultat de source de Ain El Rmel a été dépassé les normes établies par l'OMS (0spore/ml) (OMS, 2011) au contraire aux autres sources d'eau naturelles. D'après les résultats obtenus nous observons qu'il y a une contamination ancienne au niveau de la source (S1) Ain El Rmel.

Pour les eaux des robinets (L'eau potable), la figure montre que les valeurs élevées des spores des ASR ont été enregistrées au niveau d'eau de robinet de la région de Guelma pour le mois de Mars et qui a été indénombrables (dans l'histogramme mentionnée comme une valeur de 10 spore/22ml afin de bien présenter les résultats) et avec une valeur moins élevée en Février 1 spore/22ml. Ces résultats ont été dépassées les normes établies par l'OMS (0spore/ml) (OMS, 2011) (JORA, 2017). D'après les résultats obtenus nous observons qu'il y a une contamination ancienne.

Tandis qu'au niveau de l'eau de la région de Tamlouka (5) on a enregistré l'absence des germes pendant tous les mois d'échantillonnage.

6. Résultats de germes Pathogènes :

D'après les résultats obtenus, nous avons noté une absence totale de tous les germes pathogènes, les Salmonelle, les Staphylocoque aureus, et les vibrio-colérique dans les eaux de source et l'eau de robinet, ce qui signifie que la qualité bactériologique de nos prélèvements est bonne et satisfaisante.

5.1.Résultat des salmonelles

Les résultats des analyses bactériologiques en période d'étude des eaux de sources et d'eau de robinet une absence des Salmonelle dans les différents points d'échantillonnage au cours de toute la période d'étude. Contrairement, l'année passée l'étude de **Chaib derraine et al, (2022)**, a été monté la présence des Salmonelles au niveau des deux sources d'eau naturelles (Ain El Rmel et Ain Sellaoua). Cette peut être à des facteurs qui sont la population humaine, et le pâturage, parce que la présence des déjections humaines et animales infectées peut changer les résultats. Dans ces conditions, la contamination des eaux de sources par les déjections rejetées est favorisée par le ruissellement et l'infiltration des eaux pluviales (**Hajjoubi et al., 2017**).

5.2. Les Vibrio-colériques

Concernant les Vibrio-colériques on a noté l'absence totale de ces germes ce qui explique certaine hypothèse pourrait expliquer par la mise en place de programme national de lutte contre le choléra qui permet l'éradication de la maladie dans la population.

La concentration moyenne en O₂ et une température moyenne sont des facteurs physique et chimique qui peuvent être un obstacle pour une bonne multiplication des germes dans des conditions concurrentielles, ce qui devient un milieu défavorable pour les Vibrio-colériques et qui peuvent passer à leur tour à un état incultivable, donc ils se trouvent dans l'environnement mais ils perdent la capacité de se développer dans un milieu bactériologique simple.

Et à cause de la population mondiale utilisant un service d'alimentation en eau potable géré avec sécurité disponible à tout moment et exempt de toute contamination, la disponibilité d'eau en quantité suffisante facilite l'hygiène pour la présentation d'établissement de santé disposant de service.

En plus, les contaminations pourraient être expliquées par une pollution fécale d'origine animale, ou des déchets humains. Ce type de bactéries pathogènes sont généralement transmises par les matières fécales des personnes infectées, où le patient excrète des bactéries dans ses matières fécales, et donc l'infection peut se propager rapidement, en particulier dans les zones où les déchets humains ne sont pas traités. Donc la présence de vibrios est liée d'une part aux conditions d'hygiène, de l'assainissement dans les zones d'étude et d'autre part à la proximité des sources d'eau par rapport aux sources de contamination.

5.3. Résultat des staphylocoques

La présence d'une contamination par les staphylocoques est peut-être due aux eaux usées qui est la source la plus importante de pollution de l'eau par son écoulement à la surface

de la terre sans la soumettre à un traitement qui atteint un degré de sécurité. C'est pour cela une enquête sanitaire périodique doit être effectuée par évaluation de huit éléments clés (source, traitement, réseau de distribution, réservoir d'entreposage d'eau traitée, pompage, programme de surveillance, gestion et respect des exigences de l'État) et identification des défaillances.

Cette approche proactive permet de prévenir les risques potentiels pour la santé liés à une mauvaise qualité de l'eau et de maintenir des normes de sécurité élevées tout au long du processus de distribution de l'eau.

Les résultats de l'ensemencement de la bactérie *staphylococcus aureus* sur le milieu de culture Chapman ont révélé l'absence totale de ce germe dans tous les échantillons et durant les trois mois de prélèvement, Donc les résultats de cette analyse ont montré l'absence de la bactérie de *staphylococcus aureus* qu'est l'espèce la plus pathogène du genre staphylococcus dans toutes les sources, ce qui indique que la qualité de l'eau de consommation est propre.

5.4.Résultats des levures et moisissures

Les levures et les moisissures sont des micro-organismes naturellement présents dans l'environnement. Bien que certaines souches de levures et de moisissures soient dangereuses pour la santé humaine, quelques risques potentiels de contamination par ces microorganismes sont connus dans l'eau.

Certaines levures peuvent causer des infections fongiques chez les individus ayant un système immunitaire affaibli. Par exemple, la levure *Candida* peut entraîner une candidose, une infection courante chez les personnes souffrant de diabète, infections à VIH/SIDA, de maladies auto-immunes...etc ,où les personnes à risque d'infection fongique présentent le plus souvent des pathologies lourdes, quel que soit le mode de contamination (respiratoire, traumatique ou digestive).

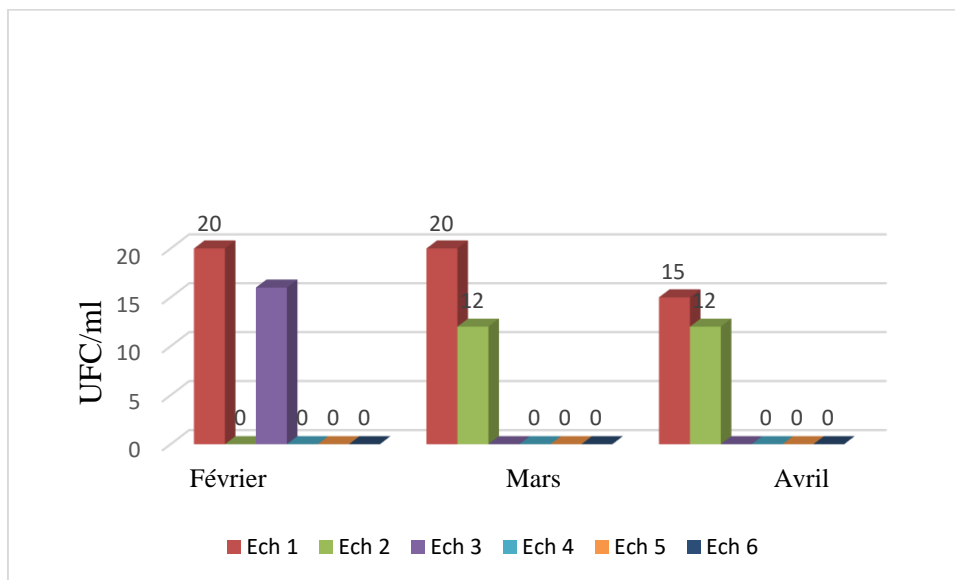


Figure 31 : Variation des levures et moisissure des eaux des quatre sources et Point de l’eau de robinet (Février, Mars et Avril 2023).

D’après les résultats présentés dans la figure (31), montrant la variation des levures et moisissures et concernant les eaux de source naturelles, on a remarqué que les valeurs élevées ont été enregistrées dans la source de Ain El Rmel (Ech 1) pendant les trois mois de

prélèvements avec une valeur de 20 UFC/ml pendant le mois de Février et Mars, et pendant le mois d'Avril une valeur de 15 UFC/ml a été enregistrée. Alors que pour la source de Ain Guergour (Ech 2), on a noté 17 UFC/ml pendant le mois de Mars et 12 UFC/ml pendant le mois d'Avril et presque la même valeur a été enregistrée dans la source de Ain selloua (Ech 3)(16 UFC/ml) pendant le mois de Février.

Alors que pour les autres échantillonnages, une absence complète de levures et de moisissures a été enregistrée. Ces valeurs qui ont été enregistrées dans la source de Ain El Rmel, Ain Guergour, et Ain selloua dépassent les valeurs seuils établies par l'OMS de la réglementation algérienne qui sont 10 UFC/ ml (**JORA, 2017 ; OMS, 2011**).

De plus, les deux points d'eau du robinet (eau potable) étaient totalement exempts de levures et de moisissures, ce qui indiquait que l'eau potable était propre pourvue d'un traitement de désinfection recommandé par l'hygiène de l'Organisation mondiale de la santé et la réglementation Algérienne.

La présence des levures et moisissures dans certains échantillons peut être causé par plusieurs facteurs, où la présence simultanée des autres micro-organismes, que ce soit des bactéries, des levures ou des moisissures, peut être influencée par la température et l'acidité du milieu. Les levures et les moisissures sont des microorganismes présents naturellement dans l'environnement, y compris dans le sol, l'air et l'eau et comme l'eau d'une source est exposée à ces environnements, elle peut être contaminée par des spores de levures et de moisissures ainsi la pollution de l'eau.

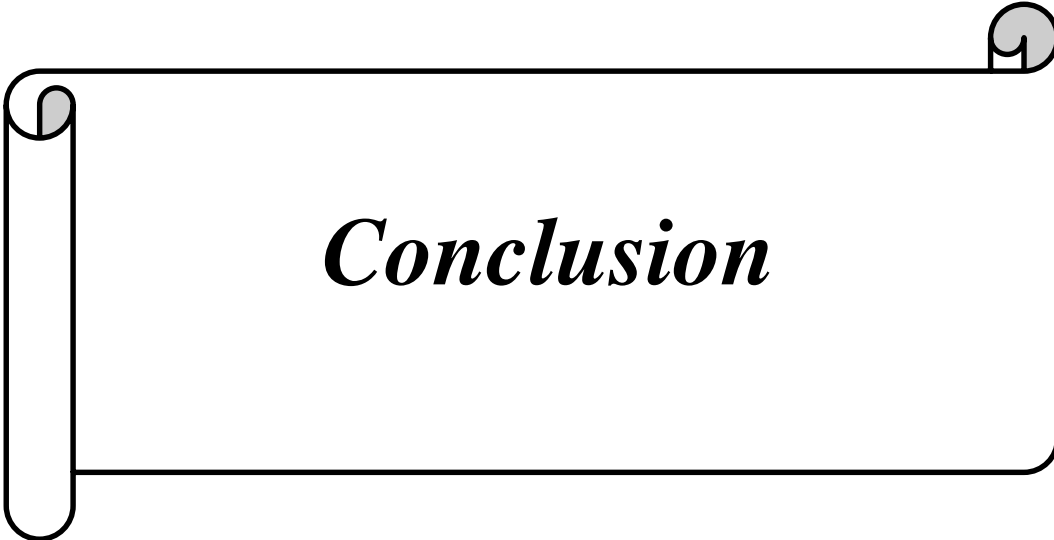
Les sources d'eau peuvent être exposées à diverses formes de pollution, telles que les rejets industriels, les eaux usées, les engrais agricoles...etc., ces substances peuvent favoriser la croissance des levures et des moisissures dans l'eau parce que les levures et les moisissures se développent dans des conditions spécifiques, telles qu'une température et une humidité élevées. Si les conditions environnementales dans une source d'eau sont propices à leur croissance, elles peuvent se multiplier rapidement, et lorsque les eaux des sources contiennent des nutriments tels que, des protéines ou des minéraux, ces dernières peuvent favoriser la croissance de ces microorganismes. De plus, si l'eau n'est pas correctement protégée ou désinfectée, cela peut permettre aux microorganismes de se développer.

Dans notre étude la présence des levures qui a été observée dans certains points de prélèvement dans ces eaux qui sont destinées à la consommation humaine (EDCH) où leur

propagation à la population générale peuvent être importantes, ce qui pourrait expliquer que le système de distribution défectueux présente des fuites, des fissures ou d'autres problèmes, ce qui permettrait l'entrée de levures et de moisissures et même d'autres microorganismes dans l'eau potable provenant de ces sources, et surtout que les deux sources présentant des levures et moisissures sont situées dans des zones urbaines. Aussi, les infiltrations d'eau de pluie ou de sol peuvent également entraîner une contamination, de plus une mauvaise gestion de la source d'eau, telle qu'un manque d'entretien ou de surveillance régulière, peut favoriser la croissance des levures et des moisissures, un manque de contrôle de la qualité de l'eau ou l'absence de mesures appropriées de traitement de l'eau peuvent également contribuer à la présence de ces microorganismes.

Donc d'après les résultats des germes pathogènes, on conclut l'absence des bactéries pathogènes telle que les *salmonelles*, les *staphylocoques aureus* et les *Vibrien-colériques* dans tous les points d'échantillonnage, à l'exception des levures et moisissures qui étaient présents dans quelques sources d'eau naturelles. Il est donc évident que, dans la plupart des cas, ces points d'eau respectent les normes de potabilité nationales et internationales (**OMS, 2006 ; JORA, 2011**).

Conclusion



Conclusion

Conclusion

L'eau fait partie de notre environnement naturel, tout comme l'air que nous respirons et la terre qui nous porte et nous nourrit. Elle constitue un des éléments familiers et indispensables de notre vie quotidienne. Le problème majeur de l'eau destinée à l'alimentation humaine a été longtemps d'ordre sanitaire. Ce problème découle de l'existence de microorganismes (bactéries, virus, protozoaires, parasites) transmissibles de nombreuses infections dangereuses chez l'homme.

Pour analyser la qualité microbiologique de l'eau on utilise des « micro-organismes indicateurs » de la contamination fécale, généralement non pathogènes, mais indiquant la présence des pathogènes issus des matières fécales. Deux indicateurs sont appropriés : *Escherichia coli* et entérocoques intestinaux bien corrélés aux maladies gastro-intestinales. *Escherichia coli* est une bactérie présente dans les matières fécales humaines et animales. Indicatrice entre autres des salmonelles et des streptocoques.

Comme il est techniquement impossible de faire l'analyse de tous les pathogènes, on utilise plutôt des indicateurs microbiologiques qui sont en soi sans danger : les bactéries *E. coli*, les bactéries entérocoques et les bactéries coliformes totales.

C'est pour cela, on a choisi un travail qui avait pour objectif d'effectuer des analyses bactériologiques des eaux de quatre sources dans la région de Guelma : Ain El Remel (S1) Ain Guergour (S2), Ain Dahouara (S3), Ain Sellaoua (S4) et deux L'eau de robinet Tamlouka (5) et deux échantillons d'eau de robinet à partir de Guelma centre-ville et (6) situées dans la région de Guelma (Nord-est de l'Algérie).

Les analyses microbiologiques effectuées sur les prélèvements ont révélé une absence totale dès les germes de contamination fécale et pathogène dans les échantillons de Ain Dahouara (Ech 3), Ain Sellaoua (Ech 4), Eau de robinet Tamlouka (Ech 5), à l'exception les sources de Ain Elrmel (Ech1) et Eau de robinet Guelma (Ech6) qui sont souillées par les germes de contamination fécale.

D'un point de vue bactériologique, les résultats obtenus ont montré que la plupart des sources d'eau analysées ont des valeurs ne sont pas conformes aux normes requises par L'organisation Mondiale de la Santé et la Réglementation Algérienne pour la flore mésophile totale à 37°C. Au contraire, les coliformes totaux sont présents par des valeurs compatibles avec les normes pour toutes échantillons d'eau de robinet et même chose pour les eaux de sources sauf que la source de Ain Guergour.

Conclusion

D'autre part nos résultats montrent la présence des germes de contamination fécale tels que les Coliformes fécaux, les Streptocoques fécaux seulement dans la source d'eau de Ain El Remel au contraire des autres sources étudiées et pendant les deux mois d'échantillonnage sont conformes aux normes exigées par l'organisation mondiale de la santé et le de la réglementation algérienne.

Ces résultats observés au niveau de sources de Ain El Rmel (Ech1) indiquent l'existence d'une contamination de l'eau par la présence des bactéries d'origine intestinale (humaine ou animal) qui indique une mauvaise qualité bactériologique. De plus la présence des ASR A été observé surtout dans l'eau de robinet de la région de Guelma centre-ville (Ech 6) avec des fortes charge traduit qu'il y a une contamination ancienne de l'eau. De plus, on a évalué une présence de levures et moisissures au niveau des Ech (1), (2) et (3) des sources de l'eau naturelles (avec une différence dans l'intensité de germes d'une source à l'autre).

D'autre part, les résultats des germes pathogènes montrent une absence totale de *staphylococcus aureus*, et *Vibrio colérique* au niveau de toutes les échantillons étudiés. Ainsi que le dénombrement des salmonelles montrent une absence totale au niveau de toutes les sources d'eaux et les eaux de Robinet.

Pour conclure ce travail, il convient de rappeler que l'objectif principal de ce travail est de déterminer la pollution bactérienne des eaux de source et des eaux de robinet. A partir de résultats obtenus on note que la qualité actuelle de l'eau au niveau des zones étudiée est assez acceptable mais quand même sa qualité doit être assurée en toutes circonstances et faire l'objet d'une surveillance très stricte, au risque de générer des faits préjudiciables à la santé publique où es recommandations doivent être suivies jusqu'à ce que des analyses subséquentes révèlent la conformité de l'eau aux normes.

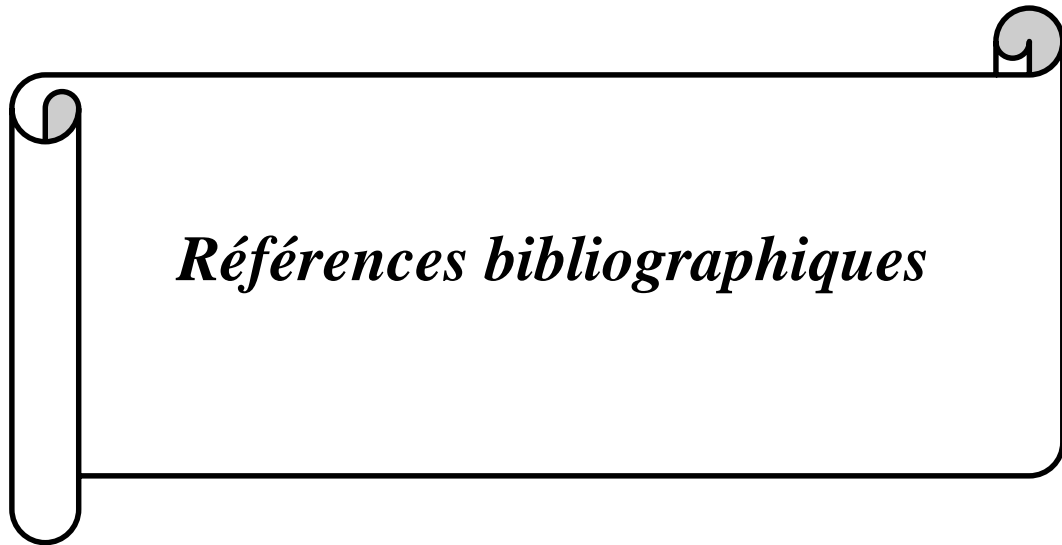
Le problème de l'eau potable est un véritable problème de santé publique. Il faut agir à plusieurs niveaux :

- Source d'eau potable ;
- Traitement éventuel de l'eau si elle est contaminée ;
- Problème du prélèvement, transport, stockage ;
- L'analyse de l'eau reste toujours nécessaire pour protéger le consommateur ;
- Appliquer les consignes de l'OMS qui préconise que pour chaque source, il faut avoir un périmètre de protection d'au moins 150m, et s'assurer de bien les respecter par le Contrôle continu des autorités en charge ;
- S'assurer de bien séparer les systèmes d'évacuation des eaux usées ;

Conclusion

- Contrôler l'utilisation des pesticides, fertilisants et pâturages dans les terres agricoles afin d'éviter le risque de migration de ces substances aux eaux souterraines.

Si un point de cette chaîne est défaillant, l'eau sera contaminée et les personnes qui vont à consommer risquent de contracter une infection pouvant être mortelle. Et de plus, les consommateurs ont le droit à disposer d'informations relatives à la salubrité de l'eau qu'ils consomment.



Références bibliographiques

AFNOR : Qualité biochimique et micro biologique de l'eau. 1999, Tome 4.

AFSSA , 2009 : Risques liés à la présence de moisissures et levures dans les eaux conditionnée. plan du rapport (saisine 2005-SA-0050) agence de sécurité sanitaire des Aliments. p10.

AFSSA,2009 : Risques liés à la présence de moisissures et levures dans les eaux conditionnée. plan du rapport (saisine2005-SA-0050) agence de sécurité sanitaire des Aliments. p 06.

AISSAOUI A., 2013 : Evaluation du niveau de contamination des eaux de barrage «HammamGouzi » de la région d'Oued Athmania (willaya de Mila) par les activités agricoles. Mémoire de Magister : Département de biologie végétale et animale. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou , p 133.

Alia S , Athamnia W , Derdech S, 2018 : Évaluation de la qualité bactériologique et physicochimique des eaux de sources d'Ain Djemel et d'Ain Souda (Wilaya Guelma) Université 8 mai 1945 – Guelma p 21.

Alouane H. (2012) : Evaluation des teneurs en nitrates dans les sols et dans les eaux captées et émergentes en zones à vocation agricole, Impact des nitrates sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine. Mémoire de Magister, Université Mentouri Constantine. p 49.

Alpha Sidiki Maiga, 2005 : Qualité Organoleptique de l'eau de consommation produit et distribuée L'EDM. SA dans La ville de bamako : Evaluation saisonnière qualité organoleptique, thèse Doctorat Pour obtenir le grade de Docteur en Pharmacie.(diplôme d'état), Faculté de Médecine de Pharmacie et D'odontostomatologie, université de bamako , Mali, p 28.

Alpha Sidiki Maiga, 2005 : Qualité Organoleptique de l'eau de consommation produit et distribuée L'EDM. SA dans La ville de bamako : Evaluation saisonnière qualité organoleptique, thèse Doctorat Pour obtenir le grade de

Références bibliographiques

Docteur en Pharmacie.(diplôme d'état), Faculté de Médecine de Pharmacie et D'odontostomatologie, université de bamako , Mali, p 19.

Alpha Sidiki Maiga, 2005 : Qualité Organoleptique de l'eau de consommation produit et distribuée L'EDM. SA dans La ville de bamako : Evaluation saisonniere qualité organoleptique, thèse Doctorat Pour obtenir le grade de Docteur en Pharmacie.(diplôme d'état), Faculté de Médecine de Pharmacie et D'odontostomatologie, université de bamako , Mali, p 18.

Alpha Sidiki Maiga, 2005 : Qualité Organoleptique de l'eau de consommation produit et distribuée L'EDM. SA dans La ville de bamako : Evaluation saisonniere qualité organoleptique, thèse Doctorat Pour obtenir le grade de Docteur en Pharmacie.(diplôme d'état), Faculté de Médecine de Pharmacie et D'odontostomatologie, université de bamako , Mali, p26.

Amaramadi A. et Touati H. (2013) : Qualité bactériologique et physico-chimique des eaux souterraines de la plaine de Tamlouka (Nort-Est DE L'Algérie). Mémoire de Master. Université de 08 Mai 1945-Guelma. p 68.

ASSOULINE J. et ASSOULINE S., 2007 : Géopolitique de l'eau. Nature et enjeu. Edition Studyrama, p 140.

AUBRY P., 2016 :Amoebose (amibiase). Médecine Tropicale. Paris, France, p 1-10.

Barraque B., 1995 : Politiques de l'eau en Europe, Paris, la découverte, (Juin 1995), Bernard, Barraqué Vol. 45, No. 3, pp. 420-453 P 34.

Bazizi N. (2008) : Étude sur la qualité de l'eau potable et risques potentiels sur la sante cas de la ville de Batna. Mémoire magister. Université colonel Elhadj Lakhdar Batna, 154 p.

Belbekri R, Abderrahim N : La recherche de Vibrio cholerae dans les eaux usées d'Oued Boumerzoug, Oued Rhumel et la STEP d' Ibn Ziad, Mémoire

Références bibliographiques

présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie Spécialité : Ecologie microbienne, p 08.

Belhadj, M, 2017 : Qualité des eaux de surface et leur impact sur l'environnement dans la Wilaya de Skikda, Thèse présentée en vue de l'obtention Du diplôme de Doctorat en sciences Spécialité : Sciences Hydrauliques, Option Hydraulique, 2017, p 118.

Bernard Barraqué, Cired-CNRS, Agro Paris Tech, Normes de qualité de l'eau : histoire et prospective – barraqueb, 19 Avenue du Maine, 75015- Paris, p 09.

Bernard Barraqué, Cired-CNRS, AgroParisTech, Normes de qualité de l'eau : histoire et prospective – barraqueb, 19 Avenue du Maine, 75015- Paris, p 03.

BERNARD-R ,2006 : Eau et la vie, Edition du Boykin. p 43.

Boris B. (2010). Analyse comparée des qualités microbiologique et physico-chimique des eaux de pluie stockées dans des citernes en Ferro ciment : Cas des impluviums de dori,

Mémoire de master. Institue nationale d'ingéniere de l'eau et de l'environnement , p 54.

Bougherbi F. et Sabour N. (2019) : Recherche de quelques bactéries des maladies à transmissions hydrique au niveau de quelques sources d'eau de la wilaya de Bouira. Mémoire de Master Bouira. p 9-15.

Bouhaous, 2012 : Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de sources dans les localités de Miliana, (Aïn Defla) et Ain Deheb (Tiaret), mémoire de Master en Sciences agronomiques, Spécialité: Contrôle de la qualité des aliments, Université de Université Abdelhamid ben Badis-Mostaganem, p 32.

Bouziani M., 2000 : L'eau de la pénurie aux maladies, Edition ibn khaldoun , Contribution à l'étude et à l'évaluation de la qualité bactériologique des eaux de puits et de sources de la Wilaya de Constantine, Mémoire présenté en vue de

Références bibliographiques

l'obtention du Diplôme de Master, Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie, Filière : Sciences Biologiques, Spécialité : Biologie Moléculaire des Microorganismes, Université des Frères Mentouri Constantine, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Constantine, p 16.

Bouziati M., 2000 : L'eau de la pénurie aux maladies, Edition ibn khaldoun, p247, Contribution à l'étude et à l'évaluation de la qualité bactériologique des eaux. p 110.

Bouziati, 2000 : Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de sources dans les localités de Miliana (Aïn Defla) et Ain Deheb (Tiaret), Master en Sciences agronomiques, Université Abdelhamid ben Badis, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Mostaganem, 2017, p 22.

Bosca, C. (2002). Groundwater law and administration of sustainable development, Mediterranean Magazine, Science Training and Technology, N° 2, p13-17.

Burns, 2008 : Kommineni, Amante, Karnik, Sommerfeld et Dempster, 2009.

CHELLI, L, KETRANE, R, DJOUHRI, N (2013). Analyses des eaux de réseau de la ville de Bejaia et évaluation de leur pouvoir entartrant, Mémoire de Master : Génie Chimique : Université A. Mira – Béjaia, p.86.

Cohen N. et Karib H. (2007). Vibrio spp. dans les produits de la pêche: Risques et prévention. Les technologies de laboratoire - N°3 Mars-Avril 2007

Cresson 1999 : Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de sources dans les localités de Miliana, (Aïn Defla) et Ain Deheb (Tiaret), mémoire de Master en Sciences agronomiques, Spécialité: Contrôle de la qualité des aliments, Université de Université Abdelhamid ben Badis- Mostaganem, p 12.

Références bibliographiques

Debabza. (2005) : Mémoire de Magister en Microbiologie appliquée : Analyse microbiologique des eaux des plages de la ville d'Annaba Evaluation de la résistance aux antibiotiques des microorganismes pathogènes, Université des sciences de Badji-Mokhtar, Annaba (Algérie)

Defrance S. (1996) : L'eau dans tous ses états. Edition Ellipses. Paris, p 632.

Dégremont : Memento Technique de l'eau. 8ème Ed 1978.

Degremont E (1989) : Mémento technique de l'eau, Tome 1 & 2, Collection Dégremont, ISBN fécales (Rejsek et Methahri,2002.

LE DUC. F, VAURETTE. D, Trégor solidarité Niger, Contrôle bactériologique de la potabilité de l'eau, p 03.

Dégremont SA, Mémento technique de l'eau, 1984, 9ème Ed, Tome 1.

O.M.S : Nitrates, Nitrites et composés N- nitroso. O.M.S série critères d'hygiène de l'environnement, Genève 1980, N°5.

Delarras, Mr Kourichi Brahim 2003 : Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Master académique Caractérisation physico-chimique et microbiologique de l'eau de source de Ain Essebaine, willaya de Tiaret , p 23.

Delarras, Mr Kourichi Brahim, Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Master académique Caractérisation physico-chimique et microbiologique de l'eau de source de Ain Essebaine, willaya de Tiaret, p 24.

Derghoum N.et Foughaliatti N.et Messakher D. (2021) : Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de source de la wilaya de Guelma. Mémoire de Master université de 08 Mai 1945-Guelma, P 6-22.

Direction générale de la Santé : Dossier d'information La qualité de l'eau potable en France, France, 2005, p 34.

Références bibliographiques

Direction générale de la Santé : Dossier d'information La qualité de l'eau potable en France, France, 2005, p 14.

Degremont E, 1989 : Mémento technique de l'eau, Tome 1, 2, Collection Dégremont, ISBN2-9503984-0-5, 1459 pdition., Inra, Paris, p 17-18

Embre 2001, Zoungrana D : Cours d'approvisionnement en eau potable geoupe , Groupe des écoles Eier – Etsher Ecole inter-états d'ingénieurs de l'équipement rural 03 B.P 7023 Ouagadougou 03, Burkina fasou, p 49_ p 99.

Fouche, 1993, Gallut et Giuntini, 1963 Delarras, 2003 : Mr Kourichi Brahim, Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Master académique Caractérisation physico-chimique et microbiologique de l'eau de source de Ain Essebaine, willaya de tiaret, P 24 .

Fournier J M. (1996). Choléra. in: Maladies infectieuses, pp. 5,8-026-F-010. Elsevier,Paris

GANIN B. et CHOUVIN C., 2003 : Cours d'eau et indices biologique : pollution, méthode, 2ème édition, EDUCAGRI, paris, p 220.

Grahn M et Cifas M. (2016). Choléra. Université d'Etat d'Haïti.

Grosconde G. (1999) : Un point sur l'eau (l'eau milieu naturel et maitrise), Tome 1.

Gueroui Y. (2015): Caractérisation hydrochimique et bactériologique des eaux souterraines de l'Aquifère superficiel de la plaine de Tamlouka (Nord-Est Algérien). Thèse de Doctorat, Université 8 mai 1945 de Guelma, Algérie. P 154.

Hawa S. (2002) : Analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S. des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 2000 et 2001. Thèse de doctorat. Université Bamako. p 58.

Références bibliographiques

Hélène Guérinaud, Kuroda et al., 2011: Sercu, Van de Werfhorst, Murray et Holden, 2011, Hélène Guérineau, 2013, Mémoire ou thèse, sources de risque et risque de contamination dans une source d'eau potable, Document en libre accès dans Poly Publie, Polytechnique Montréal, Université d'ingénierie, 2013, p 06.

Hélène Guérineau, 2013 : Sources et risques de contamination dans une source d'eau potable, Mémoire de maîtrise, École Polytechnique de Montréal, p 06-07.

Hocine F et, Chaibderraineet M , Lahouarche L et , Kebbabsa I,(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 8 mai 1945 - Guelma p 10 .

HUGONIN-P, 2011. Eau introduction aux thématiques. ISE, UNIGE. P 1

Hunter J. Rey L et Scott D : L'action de prévention et de lutte contre les hydrique : une évaluation critique des méthodes, des résultats et de leur interprétation, hydrique au niveau de quelques sources d'eau de la wilaya de Bouira. Mémoire de Master Bouira. 9- ISBN2-9503984-0-5, 1459 pdition., Inra, Paris, p 17-18.

Jean Juc Celleric, 2002 : La dégradation de la qualité de l'eau dans le réseau, Paris 2002, P18-19..

Jean-luc CELERIER, Jean-Antoine FABY :, La dégradation de la qualité de l'eau dans le réseau série N°12,Paris,2002, P18.

Khadroui A.,Taleb S,2008 : Qualité de l'eau dans le sud algérien (potabilité, pollution et impact environnemental. l'étude de la qualité microbiologique de l'eau de quelques sources naturelles dans la région de Ouergla.

Références bibliographiques

Lassoued K. Et Touhami N. (2008) : Contribution à l'étude de la qualité microbiologique

Lazhar G, 2011 : Contribution à l'étude qualitative des eaux potables dans la région de Biskra, mémoire de master, Domaine : Sciences exactes et sciences de la nature et de la vie, Filière : Sciences agronomiques, Spécialité : Qualité et métrologie appliquée à l'agronomie, Université Mohamed Khider Biskra, 2022, P 32.

LE DUC F, VAURETTE D : Trégor solidarité Niger, Contrôle bactériologique de la potabilité de l'eau, p 03.

Legube, 2015 : Contribution à l'étude qualitative des eaux potables dans la région de Biskra, mémoire de master, Domaine : Sciences exactes et sciences de la nature et de la vie, Filière : Sciences agronomiques, Spécialité : Qualité et métrologie appliquée à l'agronomie, Université Mohamed Khider, Biskra, 2022, P 37.

Mbeukam k. e, 2013 et Sari H, 2014 : Contribution à l'étude qualitative des eaux potables dans la région de Biskra, mémoire de master, Domaine : Sciences exactes et sciences de la nature et de la vie, Filière : Sciences agronomiques, Spécialité : Qualité et métrologie appliquée à l'agronomie, Université Mohamed Khider, Biskra, 2022, p33.

Michard k. (2002) : Chimie des eaux naturelles. Principes de géochimie des eaux. Edition publisud p 565

Ministère de la Santé et des Solidarités : direction générale de la Santé dossier d'information Qualité de l'eau potable française Aspects sanitaires et réglementaires, p 34.

Nebel B.J. et Wright R.T. (1996). Environmental Science: The way the World Works. Upper Saddle River, N.J: Prentice Hall.715P

O.M.S : Nitrates, Nitrites et composés N-nitroso.O.M.S série critères d'hygiène de l'environnement, Genève 1980, N°5.

Références bibliographiques

OMS., 2003 : Directives de qualité pour l'eau de boisson. Volume 1, 3^{ème} Edition, Genève.

OMS., 2008 : Directives de Qualité pour l'Eau de Boisson. 2^{eme} Edition, Volume 2, critères.

organisation. Edition Dunod, Paris, p 248.

Ouahchia et al., 2015 : Etude physico-chimique et bactériologique de l'eau potable de la ville de Jijel alimentée par la station kissir, Mémoire de fin d'études En vue de l'obtention du diplôme : Master Académique en Biologie, Filière : Science Biologique, Option : Toxicologie fondamentale et appliquée, Université Med – Seddik Benyahia , Jijel, p 08.

Ouali, 2001 : Evaluation de la Qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de sources dans les localités de Miliana , (Aïn Defla) et Ain Deheb (Tiaret), mémoire de Master en Sciences agronomiques, Spécialité: Contrôle de la qualité des aliments, Université de Université Abdelhamid ben Badis-Mostaganem , p 06.

Ouali, 2001 : Evaluation de la Qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de sources dans les localités de Miliana , (Aïn Defla) et Ain Deheb (Tiaret), mémoire de Master en Sciences agronomiques, Spécialité: Contrôle de la qualité des aliments, Université de Université Abdelhamid ben Badis-Mostaganem , p12.

Payment P. et Pintar K. (2006) :Microorganismes pathogènes transmis par la voie

physicochimique des eaux de sources Ain Djemel et Ain Souda (Wilaya Guelma).prévention. Les technologies de laboratoire - N°3 Mars-Avril 2007

Ramade F. (1981) : Ecologie des ressources naturelles, Edition Masson., France, p 136-142.

Revue des sciences de l'eau, vol. 19, no 3, p. 233-245.

Références bibliographiques

Rodier et al., 2005 : Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie Spécialité : Ecologie microbienne La recherche de *Vibrio cholerae* dans les eaux usées de Oued Boumerzoug, Oued Rhumel et la STEP d'Ibn Ziad, p 08 .

ROQUES H., 1979 : Fondements théoriques du traitement chimiques des eaux. Volume 1.

SARI H., 2014 : Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des

SCHRIVER-MAZZUOLI L., 2012 : La gestion durable de l'eau : ressources, qualité,

SCHWARTZ BROD L., 2000 : Virus humains et santé public conséquences de l'utilisation

SOLIDARITE INTERNATIONALE., 2015 : Conception et réalisation de réseaux d'adduction d'eau potable (AEP). Clichy, France : pp. 1 - 4.

Sophie Verhille, 2013 : les indicateurs microbiens dans l'évaluation de l'eau potable : interpréter les résultats de laboratoire et comprendre leur signification pour la santé publique, centre de collaboration nationale en santé environnementale, p 03.

VILAGINES R., 2003 : Eau, Environnement et Santé Publique. Introduction à l'hydrologie.

VILAGINES R., 2010 : Eau, Environnement et Santé publique. Introduction à l'hydrologie.

Zouaidia H., (2006) : Bilan des incendies de forêts dans l'Est algérien cas de Mila Constantin, Guelma, Souk ahras. Mémoire de magister, université Mentouri. Constantine. 126p.

Zoungrana D : cours d'approvisionnement en eau potable, groupe des écoles eier – etsher Ecole inter-états d'ingénieurs de l'équipement rural 03 B.P 7023 ouagadougou 03, burkina faso, p 31.

Références bibliographiques

Les sites

[01]

https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Fwww.bacteriainphotos.com%2Fvibrio_cholerae_micrograph.html&psig=AOvVaw3LwXs7O0l0dyXiMvlw57E1&ust=1683916085495000&source=images&cd=vfe&ved=0CBEQjRxqFwoTCJD1rbTy7f4CFQAAAAAdAAAAABAE consulter le 11/05/2023

[02]

<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.alamyimages.fr%2Fphotos-images%2Fshigella-bacteria.html&psig=AOvVaw2yMKzWWPHtCajxu8pGWqXW&ust=1683919097048000&source=images&cd=vfe&ved=0CBEQjRxqFwoTCLjmp9b97f4CFQAAAAAdAAAAABAE> consulter le 11/05/2023

[03]

<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.alamyimages.fr%2Fphotos-images%2Fshigella-bacteria.html&psig=AOvVaw2yMKzWWPHtCajxu8pGWqXW&ust=1683919097048000&source=images&cd=vfe&ved=0CBEQjRxqFwoTCLjmp9b97f4CFQAAAAAdAAAAABAE> consulter le 11/05/2023

[04]

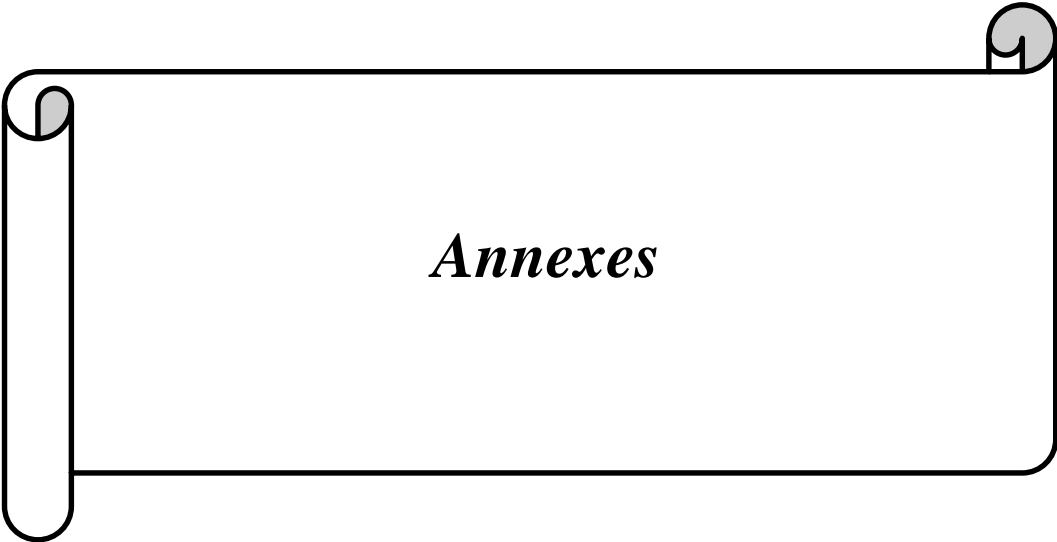
<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.insp.dz%2Fimages%2FPDF%2FEpidemio%2FREMO%2520Annuel%25202015.pdf&psig=AOvVaw0ESaQSAakkB2Gvdb6xAlkq&ust=1683918415612000&source=images&cd=vfe&ved=0CBEQjRxqFwoTCMjB0pX77f4CFQAAAAAdAAAAABAE> consulter le 11/05/2023

[05]

[.https://www.safewater.org/frenchfactsheets/2017/2/10/shigella#:~:text=Comment%20est](https://www.safewater.org/frenchfactsheets/2017/2/10/shigella#:~:text=Comment%20est)

Références bibliographiques

%2Dce%20que%20Shigelles,les%20fec%C3%A8s%20des%20personnes
%20contamin%C3 %A9es.consulter le 5/06/2023



Annexes

Annexe 01 :

Nombre caractéristiques			Nombre de cellules
3 Tubes de 10 ml	Tubes de 1 ml	Tubes de 0.1 ml	NPP dans 100 ml
	0	1	3
	1	0	3
	1	1	6
	2	0	6
	0	0	4
	0	1	7
	0	2	11
	1	0	7
	1	1	11
	2	0	11
	2	1	15
	3	0	16
	0	0	9
	0	1	14
	0	2	20
	1	0	15
	1	1	20
	1	2	30
	2	0	20
	2	1	30
	2	2	35
	2	3	40
	3	0	30
	3	1	35
	3	2	40
	0	0	25
	0	1	40
	0	2	65
	1	0	45
	1	1	75
	1	2	115
	1	3	160
	2	0	95
	2	1	150
	2	2	200
	2	3	300
	3	0	250
	3	1	450
	3	2	1100
	3	3	1400

Annexes

Annexe 02 : Les milieux solides et liquides utilisés :

• Bouillon lactosé au pourpre de Bromocrésol (BCPL) :

pH = 6.7

Peptone 5g

Extrait de viande 3g

Lactose 10g

Cristal violet 0.005g

Pourpre de Bromocrésol 0.025g

Eau distillée 1000ml

• Gélose Hektoen :

PH = 7.5

Protéose peptone 12g

Extrait de levure 3g

Chlorure de sodium 5g

Thiosulfate de sodium 5g

Sels biliaires 9g

Citrate de fer ammoniacal 1.5g

Salicine 2g

Lactose 12g

Saccharose 12g

Fuchsine acide 0.1g

Bleu de bromothymol 0.065g

Agar 14g

Annexes

Eau distillée 1000ml

• Gélose viande foie (VF) :

PH = 7.2

*Gélose de base :

Base viande foie 30g

Glucose 2g

Amidon 2g

Agar 11g

Annexes

Eau distillée 1000ml

*Gélose complète :

Même formule que le milieu de base auquel sont ajoutés :

Sulfite de sodium à 5% 50ml

Alun de fer ammoniacal à 5% 10ml

• Milieu de Chapman :

pH = 7.4

Peptone bactériologique 10g

Extrait de viande de boeuf 1g

Chlorure de sodium 75g

Mannitol 10g

Rouge de phénol 0.025g

Agar 15g

Annexes

Eau distillée 1000ml

• Milieu de Roth : pH = 6.8 à 7

*Milieu simple concentration :

Peptone 20g

Glucose 5g

Chlorure de sodium 5g

Phosphate bipotassique 2.7g

Phosphate monopotassique 2.7g

Azohydrate de sodium 0.2g

*Milieu double concentration :

Peptone 40g

Glucose 10g

Chlorure de sodium 10g

Phosphate bipotassique 5.4g

Phosphate monopotassique 5.4g

Azohydrate de sodium 0.4g

• Milieu de Litsky :

Annexes

PH = 6.8 à 7

Peptone 20g

Glucose 5g

Chlorure de sodium 5g

Phosphate bipotassique 2.7g

Phosphate monopotassique 2.7g

Azothhydrate de sodium 0.3g

Ethyl-violet 0.0005g

• **Eau peptonée alcaline (EPA) :**

pH = 8.6

Peptone tryptique 30g

NaCl 30g

Eau distillée 1000ml

• **Gélose Tryptone Extrait de levure (TGEA) :**

pH=7.Extrait de levure

1g Peptone de caséine 5g

Glucose 1g

Extrait de viande 3g

Agar 18g

Eau distillée 1000 ml

Autoclavage pendant 20 min à 120 °C.

• **Gélose nutritive alcaline biliée (GNAB) :**

Bactapepton 10g

Extrait de viande 3g

Chlorure de sodium 5g

Agar 20g

• **Milieu « SHUBERT » (milieu indole mannitol)**

Tryptone 0,2g Sulfate

D'ammonium 0,4g Citrate de sodium 2g Tryptone oxide 10g Mannitol 75g Eau distillée 500g

• **Milieu « EVA-LITSKY » :**

ph : 7 Peptone 20g/l.

Glucose 5g/l Chlorure de sodium 5g/l Phosphate bi potassium

2,7g/l Phosphate mono potassium 2,7g/l

Annexes

Azothydrate de sodium 2,7g/l

Ethyle violet 5g/l

- **Milieu au sélénite de sodium (SFB D/C) : ph 7**

Peptone pancréatique de caséine 5g

Lactose 4g

Monohydrogénophosphate de sodium (Na_2HPO_4) 10g

Sélénite acide de sodium 4g

Eau distillée 1000ml

Chauffer le tube pendant 30 min.

Annexe 03 : Composition des Réactifs.

- **Kowacks : la mise en évidence de la production d'indole :**

Diméthyle-Amino-4 benzaldéhyde 50g

Pentanol 750g

Acide chlorhydrique pur 250g

- **Sulfite de sodium :**

Sulfite de sodium pur 1g

Eau distillée 9ml

Stérilisé par chauffage pendant 10 min Répartir en tubes à usage unique

- **Alun de fer**

Sulfate de fer 1g

Eau distillée stérile 19ml

Prépare aseptiquement sans autoclave.

Annexes

Annex 04 :



technique de déluion



technique de numération



incorporation du GN



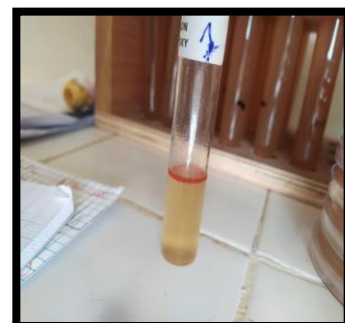
résultat des FMAT



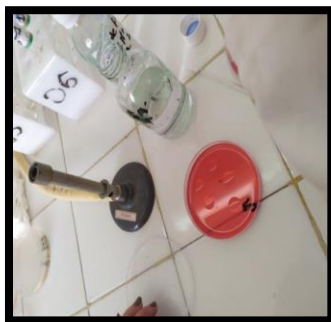
Résultat de CT



Résultat ST



Résultat de CF



Technique de dénombrement sur milieu Chapman

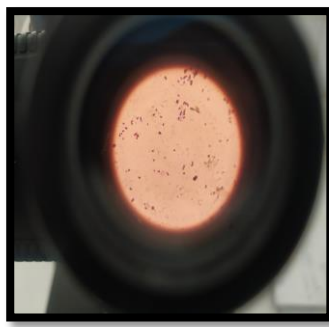


Résultat de staphylocoque

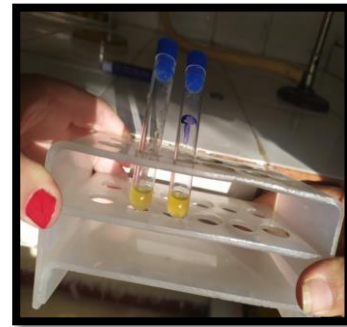
Annexes



Résultat de catalase



Gram Cocci bacille



Résultat de coagulase



Résultat de EPA trouble



Résultat de GNAB

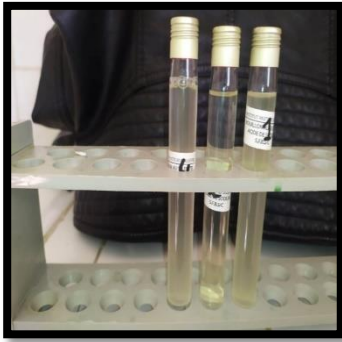


Résultat des ASR



**Résultat de ASR
(Indénombrable)**

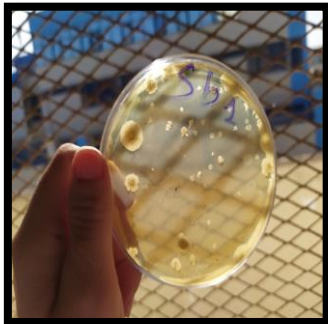
Annexes



SFB trouble



dénombrement sur milieu Hektoen



Résultat des levures et moisissures

Annex 05 : Les normes bactériologiques des eaux de source selon (l'OMS , 2011) et la réglementation algérienne (Jora, 2017).

Paramètres	Unités	Norme Algérienne (2017)	Norme de l'OMS (2011)
Germes totaux à 37°C	UFC/ml	/	20
Coliformes totaux	CT/100ml	/	10
Coliformes fécaux	CF/100ml	0	0
Streptocoques fécaux	SF/100ml	/	0
ASR	Spoires/20ml	0	0
Les levures et les moisissures	UFC/ml	10	10

Résumé

Résumé

L'eau douce constitue un élément indispensable pour la vie d'être humain avoir de l'eau à disposition en quantité et en qualité suffisante contribue au maintien de la santé. En Algérie l'eau potable provient soit de sources souterraines, soit d'eaux de surface et qui doivent satisfaire à des exigences de qualité fixées par des normes nationales parce que l'eau peut aussi être une source des maladies du fait de sa contamination par des déchets ménagers, industriels, agricoles, par des excréta et divers déchets organiques, c'est pour cela l'usage de l'eau à des fins alimentaires ou d'hygiène nécessite une excellente qualité microbiologique.

Au niveau de laboratoire d'hygiène de la direction de la santé et population (DSP) de la région de Guelma et laboratoire de microbiologie, Université de 08 Mai 1945 Guelma, des analyses microbiologiques des quatre source d'eau naturelles et deux d'eau de robinet (Eau potable) ont été effectuées en recherchant éventuellement les germes totaux, germes indicateurs de la contamination fécale (Coliformes totaux, Coliformes fécaux et Streptocoques fécaux), les anaérobies sulfito-réductrices, ainsi que les germes pathogènes telle que; les Salmonelles, , les *Vibrions cholerae*, et les *Staphylococcus aureus*.

Les résultats obtenus montrent que l'eau prévenue de la source de Ain El Rmel a une contamination fécale avec des valeurs qui ne sont pas conformement avec les normes, Aussi l'analyse de l'eau destiné à la consommation humaine (eau de robinet Guelma) possède des valeurs qui indique une contamination ancienne de l'eau. Pour les autres sources d'eau naturelles de Ain Guergour (S2), Ain Dahouara (S3), Ain Sellaoua (S4), ces sources d'eau sont alors propres à la consommation humaine et constituent un danger négligeable pour la santé humaine et même chose pour l'eau de robinet de Tamlouka,

Alors, on conclue que l'eau de robinet Guelma (6). Elle est non appropriée à la consommation humaine et nécessite un traitement préalable. Cette pollution observée représente un danger à la consommation humaine. C'est pour cela il serait souhaitable d'élargir l'étude sur ces sources d'eau.

Mots clés : Analyses, qualité bactériologique, Guelma, Eau de sources, pollution. Eau de robinet.

Résumé

Abstract

Fresh water is an essential element for the life of men, having water available in sufficient quantity and quality contributes to the maintenance of health. In Algeria, drinking water comes either from underground sources or from surface water and which must meet quality requirements set by national standards because water can also be a source of disease due to its contamination by household, industrial, agricultural waste, by excreta and various organic waste, this is why the use of water for food or hygiene purposes requires excellent microbiological quality.

At the level of the hygiene laboratory of the direction of health and population (DSP) of the region of Guelma and microbiology laboratory, University of May 08, 1945 Guelma, microbiological analyzes of the four natural water sources and two of water (drinking water) were carried out by looking for total germs, germs indicating fecal contamination (total coliforms, faecal coliforms and faecal streptococci), sulphite-reducing anaerobes, as well as pathogenic germs such as; *Salmonella*, *Vibrio choleraes*, and *Staphylococcus aureus*.

The results obtained show that the water prevented from the source of Ain El Rmel has faecal contamination with values that do not comply with the standards, Also the analysis of water intended for human consumption (tap water Guelma) has values that indicate old water contamination. For the other natural water sources of Ain Guergour (S2), Ain Dahouara (S3), Ain Sellaoua (S4), these water sources are then suitable for human consumption and constitute a negligible danger for human health and even thing for Tamlouka's tap water,

So, we conclude that Guelma tap water (6). It is not suitable for human consumption and requires prior treatment. This observed pollution represents a danger to human consumption. This is why it would be desirable to expand the study on these water sources.

Keywords: Analysis, bacteriological quality, Guelma, spring water, pollution. Tap water.

الملخص

تعتبر المياه العذبة عنصرًا أساسيًا في حياة الكائنات الحية، حيث يساهم توفير المياه بكميات ونوعية كافيتين في الحفاظ على الصحة، في الجزائر تأتي مياه الشرب إما من مصادر جوفية أو من المياه السطحية والتي يجب أن تفي بمتطلبات الجودة التي تحددها المعايير الوطنية، لأن المياه يمكن أن تكون أيضًا مصدرًا للأمراض بسبب تلوثها بالنفايات المنزلية والصناعية والزراعية والفضلات والعضوية المختلفة النفايات، وهذا هو السبب في أن استخدام المياه للأغذية أو لأغراض النظافة يتطلب جودة ميكروبيولوجية ممتازة.

على مستوى مخبر النظافة لمديرية الصحة والسكان (DSP) لمنطقة قالمة ومختبر الأحياء الدقيقة بجامعة 8 ماي 1945 قالمة، إن التحاليل الميكروبيولوجية لمصادر المياه الطبيعية الأربعة واثنين من المياه (مياه الشرب) تم إجراؤها من خلال البحث عن الجراثيم الكلية والجراثيم التي تشير إلى تلوث برازي (القولونيات الكلية، القولونيات البرازية والمكورات العقدية البرازية)، اللاهوائية التي تقلل الكبريتات، وكذلك الجراثيم المسببة للأمراض مثل؛ السالمونيلا، الضمة الكلورية، والمكورات العنقودية الذهبية.

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن المياه المحظورة من مصدر عين الرمل بها تلوث برازي بقيم لا تتوافق مع المعايير، كما أن تحليل المياه المخصصة للاستهلاك البشري (مياه الحنفية قالمة) له قيم تشير إلى تلوث المياه القديمة. بالنسبة لمصادر المياه الطبيعية الأخرى في عين قرقور (S2) ، وعين دهوارة (S3) ، وعين سلاوة (S4) ، فإن مصادر المياه هذه مناسبة للاستهلاك البشري وتشكل خطرًا ضئيلًا على صحة الإنسان و هذا أيضا بالنسبة لمياه الصنبور في تاملوكة.

لذلك نستنتج أن مياه الصنبور قالمة (6) غير مناسب للاستهلاك البشري ويتطلب معالجة مسبقة، يمثل هذا التلوث الملحوظ خطراً على الاستهلاك البشري هذا هو السبب في أنه من المستحسن توسيع الدراسة حول مصادر هذه المياه.

الكلمات المفتاحية: التحليل، الجودة البكتريولوجية، قالمة، مياه الينابيع، التلوث، ماء الصنبور.