

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE 8 MAI 1945 GUELMA  
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCES DE LA  
TERRE ET DE L'UNIVERS  
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité/Option : Biologie Moléculaire et Cellulaire

Thème

---

## Contribution à l'analyse bactériologique de l'eau potable « l'Eau de robinet »

---

Réalisé par :

MELLE: NOUADRIA BOUTHEINA

MELLE : NOUADRIA SAMEH

MR. GHOULI YASSER

MR. HANNECH ABD ELLATIF

Devant le jury composé de :

Président : SLIMANI.A M.A.A UNIVERSITE 8 MAI 1945 GUELMA

Examinatrice: HADDIDI.I M.A.B UNIVERSITE 8 MAI 1945 GUELMA

Encadrant : MALEK.I M.A.B UNIVERSITE 8 MAI 1945 GUELMA

Jun 2022

## *Remerciements*

*Remercions tout d'abord le bon Dieu qui nous a donné la santé, courage et flair pour faire l'humble travail qui un guide sur le bon chemin vers la lumière et la croissance.*

*Au terme de cette recherche, nous avons été particulièrement heureux pour exprimer notre sincère gratitude et nos remerciements à tous*

*La personne qui a contribué, directement ou indirectement, à sa réalisation.*

*Fondamentalement : la technicienne a remercié Houria de nous avoir guidés durant la période de travaux pratiques au laboratoire et de nous avoir procuré l'ambiance appropriée pour réaliser le travail dans les meilleures conditions.*

*Nos vifs remerciements au l'encadreur Mme MelekInsaf, passeuse pour l'encourageant ainsi que ses qualités scientifiques exceptionnelles*

*Il a su servir notre alignement au cours de cette année.*

*Enfin, nous voudrions remercier tous ceux qui aident-nous à réaliser ce travail et ils sont nombreux pour faire une liste exhaustive.*

## *Dédicaces*



*Je dédie cette thèse à . . .* 

*A ma très chère mère*

*Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner.*

*A mon très cher père*

*Il n'y a pas de mots pour décrire ce que je ressens pour toi et ce que tu m'as donné.*

*Comme j'aurais aimé que tu sois avec nous aujourd'hui, que Dieu ait pitié de vous et demeure dans son vaste paradis.*

*A ma très chère sœur Chaima, et son mari Kais*

*A mon très cher frère et mon bras droit Khalil*

*A mes très chers amis Marwa, Foulla, Kholoud, Nariman et Amira*

*N'oublier pas mes collègues Yasser et Abdellatif et ma prof M. Insaf, merci pour la confiance*

*Enfin, à tous ceux que j'aime et qui m'aiment.*

*N. Boutheina © Sameh*

## *Dédicaces*

*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 Ahmed, et ma mère Asma, 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 Ghouli et Bouchama.*

*A tous mes amis (es) surtout Anoir.*

*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.*

*J. Yasser*

## *Dédicace*

*Avant tout, je remercie Dieu de m'avoir donné le courage et la volonté pour réaliser ce modeste travail.*

*Tous les mots n'expriment pas la gratitude, l'amour, le respect, la reconnaissance est tout simplement la suivante :*

*Je dédie ce travail final de l'étude à :*

*A ma chère maman, Fatima ; tu es une source pour moi tendresse et exemple de sincérité ininterrompue encourage-moi, rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien-être. Tu as fait plus qu'une mère ne peut-il le fait pour que ses enfants suivant le bon chemin dans leur vie et études.*

*A mon cher père Abdul Ghani, je ne peux exprimer aucune dévotion l'amour ; le respect que j'ai toujours eu pour toi, tu as toujours été l'arbre qui nous maintient face aux circonstances difficiles*

*Pour mon frère et mon bras Yahya.*

*A mon très chers amis : Faouzi, Fawzi, Aymen, Salah, Ramzi, Walid et Mohsen. N'oublier pas mes collègues : Yasser, Boutheina et Sameh, merci pour la confiance.*

*Enfin, à tous ceux que j'aime et qui m'aiment.*

*H. Abdellatif*

# Table des matières

Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Resumé	
Abstract	
ملخص	
Introduction .....	1

## Synthèse Bibliographique

### *Chapitre I : Généralités sur l'eau*

1.Généralité sur l'eau .....	3
1.1.Importance de l'eau .....	3
1.2.Différents types de l'eau.....	4
1.2.1.Les eaux souterraines .....	4
1.2.2.Les eaux de surface .....	5
2. Définition et origine de l'eau de robinet.....	6
2.1.Les maladies (maladies hydriques) liées à l'eau potable.....	8
2.2.Mode de transmission de ces maladies.....	13
2.3.Leurs effets à la santé de population .....	15
3.Propriété de l'eau.....	17
3.1.Propriété physique.....	17
3.1.1.Température d'ébullition.....	17
3.1.2.La masse volumique .....	17
3.1.3.La viscosité.....	17
3.1.4.La tension superficielle .....	17
3.2.Propriété chimique .....	18
3.2.1.Eléments majeurs : origine et teneur .....	18
3.2.2.Magnésium ( $Mg^{2+}$ ) : .....	18
3.2.3.Sodium et potassium ( $Na^+$ , $K^+$ ).....	18
3.2.4.Les sulfates ( $SO_4^{2-}$ ).....	18

4.Caractères organoleptiques.....	19
4.1.Couleur.....	19
4.2.Odeur.....	19
4.3.Gout.....	19
5.Les paramètres physico-chimiques de l'eau.....	19
5.1.La température.....	19
5.2.Le PH.....	19
5.3.La conductivité électrique.....	20
5.4.La turbidité.....	20
5.5.Les nitrates (NO <sup>3-</sup> ).....	20
5.6.L'alcalinité.....	21
5.7.Le chlorure.....	21
5.8.Les sulfates.....	22
5.9.Les résidus secs.....	22
5.10. Dureté totale de l'eau.....	22
5.11. Chlore.....	23
5.12. Le fer.....	23
5.14. Plomb.....	23
5.15. Sodium et potassium.....	24
5.16. Sulfates.....	24
5.17. Manganèse.....	24
3.La pollution d'eau.....	27
6.1.Classification des polluants.....	27
a)Polluants chimiques :.....	27
b)Polluants radioactifs :.....	27
c)Polluants biologiques :.....	27
d)Polluant physique :.....	28
3.2.Les principales sources de pollution.....	28
a.Pollution domestique :.....	29

b)Pollution agricole : .....	30
------------------------------	----

## ***Chapitre II : Description de site de prélèvement d'eau de robinet***

1- présentation de wilaya de prélèvement .....	31
1.1 Cadre géologique de wilaya : .....	32
1.2. Etude Climatique .....	33
1.2.1. La température.....	33
1.2.2. Les précipitations .....	34
1.2.3. L'humidité relative .....	34
1.2.4. Le vent.....	34
2. Présentation des sites d'études .....	34

## ***Chapitre III : Matériel et Méthodes***

1.Analyse des eaux .....	36
1.1.Choix de station de prélèvement .....	36
1.2.Prélèvement .....	36
1.3.Transport et conservation .....	37
Analyses effectués : .....	37
1.3.1.Analyses bactériologique : .....	37
1.3.1.1.Recherche et dénombrement des germes revivifiables.....	38
1.4.1.2. Recherche et dénombrement des germes indicateurs de contamination fécale.....	41
a.Recherche et dénombrement des coliformes, coliformes thermo tolérantes E. coli :.....	41
b.Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux :.....	43
c. Recherche et dénombrement des bactéries anaérobies sulfito-réductrices (ASR) : .....	45
d. Détermination de l'origine de la contamination fécale : .....	47
1.4.2.1. Recherche des germes pathogènes .....	48
a.Recherche des Staphylocoques.....	48
b. Recherche de shigella.....	49
C. Recherche de Pseudomonas aeruginosa .....	50
d.Recherche de salmonella.....	52
e. Recherche de Vibrio cholérique .....	54



1.5.Examen liés aux caractères biochimiques et enzymatiques .....	55
1.5.1. Caractères enzymatique.....	55

### ***Chapitre IV : Résultats et Discussion***

1.Paramètres bactériologiques :.....	57
1.3. Résultat du dénombrement des streptocoques fécaux .....	63
1.4. Résultat et dénombrement des bactéries anaérobies sulfito-réductrices (ASR) .....	64
1.5. Résultat de la détermination de l'origine de la contamination fécale.....	66
Conclusion et perspectives .....	70
Références Bibliographiques.....	72
Annexes:.....	

## Liste des abréviations :

**%** : pourcentage

**µm** : micromètre

**µs** : micro-siemens

**[ ]** : Concentration

**°** : Degré

**<** : Supérieur

**>** : Inférieur

**(+)** : caractère positif

**(-)** : caractère négatif

**ASR** : Anaérobies sulfite réductrices

**BCPL** : Bouillon lactose au pourpre de bromocrésol.

**°C** : Degré Celsius

**CF** : Coliformes fécaux

**Cm** : Centimètre

**CT** : Coliformes totaux

**CF** : Coliforme fécaux

**CT/ml** : Coliformes totaux par millilitre

**Cl<sup>-</sup>** : Chlorure

**Cl<sub>2</sub><sup>-</sup>** : Chlore

**D/C** : Double concentration.

**E.C**: Conductivité électrique

**E coli**: *Escherichia coli*

**FAO**: Food and Agriculture Organization of the United Nations

**Fig** : Figure.

**g/l** : Gramme par litre

**h** : Heure

**H** : un atome d'hydrogène

**K<sup>+</sup>** :Potassium

**MES** : Matière En Suspension conductivité

**MTH** : Maladie transmissible hydrique

**Mg<sup>2+</sup>** : Magnésium

**Na<sup>+</sup>** : Sodium

**NO<sub>2</sub>** : Nitrite

**NO<sub>3</sub>** : Nitrate

**NPP** : Nombre le plus probable.

**OMS** : Organisation mondiale de santé.

**P** : précipitations moyennes annuelles

**PH**: Potentielle Hydrogène.

**PCA** : plat Count Agar

**Q2** : quotient pluviométrique.

**S1**:Station 1

**S2**:Station 2

**S3**:Station 3

**S/C** : Simple concentration.

**SF** : streptocoque fécaux

**SS** :*Salmonella-Shigella*

**T** : Température

**TA** : Titre Alcalimétrique

**TAC** : Titre Alcalimétrique totale complet

**Tab** : Tableau

**TH** : Titre hydrotimétrique

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

**UFC** : Unité formant colonie

**VF** : Viande Foie.

**VP** : VogesProskawer.

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1:</b> Principales différences entre les eaux de surface et les eaux souterraines .....	6
<b>Tableau 2:</b> Normes OMS et Algériennes des paramètres physico-chimique pour l'eau potabl .....	26
<b>Tableau 3:</b> les résultats des analyses bactériologique. ....	57
<b>Tableau 4:</b> Origine de la pollution selon le rapport coliforme fécaux/streptocoques fécaux (CF/SF).....	66
<b>Tableau 5:</b> Résultats du profil biochimiques des staphylocoques isolés. ....	68
<b>Tableau 6:</b> Résultats du profil biochimiques des vibrio cholérique isolés.....	69

## Liste des figures

<b>Figure 1 :</b> la bactérie responsable de maladie choléra.....	10
<b>Figure 2:</b> Les bactéries responsables de maladie de diarrée.....	11
<b>Figure 3 :</b> Le virus de l'hépatite A .....	11
<b>Figure 4:</b> Le virus de l'hépatite E.....	11
<b>Figure 5:</b> Le moustique responsable de rougela transmission du paludisme .....	12
<b>Figure 6 :</b> Une boule de sang infectée parle paludisme .....	12
<b>Figure 7:</b> Salmonelle typhique bactérie responsable de maladie Les fièvres typhoïdes. ....	12
<b>Figure 8:</b> Le chemin fèces-oral de transmission des maladies.....	14
<b>Figure 9 :</b> Le plan de wilaya Guelma .....	31
<b>Figure 10:</b> Les 6 états qui bordent la province de Guelma. ....	32
<b>Figure 11:</b> La carte géologique de wilaya Guelma. ....	32
<b>Figure 12:</b> La zone 1 « SellaouaAnnouna » .....	35
<b>Figure 13:</b> la zone 2 « Nechmaya ».....	35
<b>Figure 14:</b> la zone 3 « Guelma ville » .....	35
<b>Figure 15 :</b> Recherche et dénombrement des germes revivifiables à 22°C et à 37°C.....	40
<b>Figure 16:</b> Recherche et dénombrement des coliformes totaux et les coliformes thermo tolérants .....	43
<b>Figure 17:</b> Streptocoques fécaux.....	44
<b>Figure 18:</b> Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux.....	45
<b>Figure 19:</b> Recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices. ....	47
<b>Figure 20:</b> Recherche et identification du staphylocoque pathogène ( <i>S. aureus</i> ).....	49
<b>Figure 21:</b> Protocole de la recherche et dénombrement de <i>shigella</i> . ....	50
<b>Figure 22:</b> Protocole de recherche de <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .....	52
<b>Figure 23:</b> Protocole de recherche des <i>Salmonella</i> .....	53
<b>Figure 24:</b> Protocole de recherche de <i>Vibrio cholerae</i> .....	55
<b>Figure 25:</b> Résultats de test catalase des trois stations.....	56
<b>Figure 26:</b> Les résultats d'oxydase des trois stations.....	56
<b>Figure 27:</b> Recherche des germes totaux au milieu de TGEA. ....	59
<b>Figure 28:</b> Evolution des germes revivifiables à 22°C de l'eau de robinet (Février – Mars, 2022).....	59

<b>Figure 29:</b> Evolution des germes revivifiables à 37°C de l'eau de robinet (Février – Mars, 2022).....	60
<b>Figure 30:</b> Variation des coliformes totaux/100 ml de l'eau de robinet des trois stations (Février – Mars, 2022) .....	61
<b>Figure 31:</b> Recherche des coliformes totaux au milieu BCPL.....	61
<b>Figure 32:</b> Variation des coliformes fécaux/100 ml de l'eau de robinet des trois stations (Février – Mars, 2022) .....	62
<b>Figure 33:</b> Tubes de milieu Schubert négatif (absence d'E coli). .....	63
<b>Figure 34:</b> Variation des streptocoques fécaux/100ml dans l'eau de robinet (Février-Mars, 2022).....	64
<b>Figure 35:</b> Variation desASR /20ml dans l'eau de robinet de trois stations (Février-Mars, 2022).....	65
<b>Figure 36:</b> Résultats obtenu des spores de Clostridium sulfito-réducteurs dans la station de Guelma ville. ....	65
<b>Figure 37:</b> Les valeurs des <i>staphylococcus aureus</i> de trois stations d'eau de robinet (Février et Mars, 2022). ....	67
<b>Figure 38:</b> Les valeurs des Vibrio cholérique de trois stations d'eau de robinet (Février et Mars, 2022).....	68

## Résumé

L'eau est l'élément nécessaire à la vie, car c'est l'un des matériaux les plus utilisés dans les domaines de la nutrition et de l'hygiène, elle doit donc respecter les normes de qualité, et donc elle contient toute bactérie, organisme ou substance qui présente un danger potentiel pour santé humaine.

Dans cette étude, nous avons au laboratoire de l'université de Guelma effectué des analyses sur la qualité bactériologique de l'eau potable (du robinet) au niveau de trois régions différentes de la ville de Guelma.

Les résultats de ces analyses ont montré l'absence totale de quelque germes pathogènes, ainsi que la présence des autres qui indique contamination fécale ce qui nous a permis de juger que cette eau est pas potable, et la présence de bactéries et les quantités de micro-organismes qui dépasse a réponse de l'eau aux normes du monde Organisation de la santé pour l'eau potable, ainsi que les normes nationale.

**Mots clés :** L'eau, l'eau potable, analyses bactériologique, qualité de l'eau, Guelma.

## Summary

Water is the element necessary for life, because it is one of the most used materials in the fields of nutrition and hygiene, so it must meet quality standards, and therefore it contains any bacteria, organism or substance that presents a potential hazard to human health.

In this study, we have in the laboratory of the university of Guelma carried out analyzes on the bacteriological quality of drinking water ( from the tap) at the level of three different regions of the city of Guelma.

The results of these analyzes showed the total absence of pathogenic germs, as well as the presence of others which indicates faecal contamination which allowed us to judge that this water is not drinkable, and the presence of bacteria and the quantities of micro-organisms that exceed a water's response to World Health Organization standards for drinking water, as well as national standards.

**Keywords:** water, drinking water, bacteriological analysis, water quality, Guelma.



## ملخص

الماء عنصر ضروري للحياة، فهو من أكثر المواد استعمالاً في مجالي التغذية و النظافة، لذا يجب أن يمتثل لمعايير الجودة، و بالتالي عدم احتوائه على أي بكتيريا أو كائن حي أو مادة تشكل خطراً محتملاً على صحة الإنسان.

في هذه الدراسة قمنا في مختبر جامعة قالمة بتحليلات حول الجودة البكتريولوجية لمياه الشرب (الصنابير) على مستوى ثلاث مناطق مختلفة من مدينة قالمة.

بينت نتائج هذه التحليلات الغياب التام للجراثيم المسببة للأمراض، و كذلك وجود البعض الآخر مما يشير إلى تلوث برازي الذي سمح لنا بالحكم على أن هذه المياه غير صالحة للاستهلاك البشري، مع وجود بكتيريا و كميات كائنات حية دقيقة تتجاوز استجابة المياه لمعايير منظمة الصحة العالمية للمياه، و كذا المعايير الوطنية.

**الكلمات المفتاحية:** مياه، مياه الشرب، التحليل البكتريولوجي، جودة المياه، قالمة.



# *Introduction*

***Introduction***

Dans la majeure partie du monde et surtout dans les pays en voie de développement, l'approvisionnement en eau est devenu un facteur clé de santé publique et du développement économique. Les besoins en eau des populations varient considérablement en fonction de la situation de la ville mais aussi du niveau de développement. Aussi, toutes les activités de l'homme pour l'alimentation, l'hygiène corporelle, le linge, les vaisselles, l'habitat sont liées à l'eau. La qualité de cette eau pour chacun de ses usages a une incidence sur notre santé et peut causer plusieurs types de maladies (cutanées, visuelles, urinaires, intestinales... etc.) **(Gueroui, 2015).**

L'eau est le composé chimique le plus répandu à la surface de la terre, couvrant 72% de la surface de la terre, c'est ainsi qu'on surnomme la terre la planète bleue ; 97,2% sont des eaux salines représentant les eaux de surface des mers et des océans ainsi que certaines eaux souterraines. L'eau douce représente 2,8% de l'eau totale de l'univers. De ce petit pourcentage, les glaces polaires représentent 2,1% et l'eau douce disponible 0,7%.

En raison de ses propriétés physiques et chimiques uniques aux autres liquides, il joue un rôle majeur dans les processus vitaux et fournit les conditions appropriées **(Moujahid et ses collègues, 1990).**

Comme c'est le plus grand solvant, il a la capacité de dissoudre les substances polaires plus que tout autre liquide, car ses molécules entourent les ions de la substance dissoute et forment avec eux des liaisons hydrogène, empêchant à nouveau leur union, en formant une membrane qui entoure l'ion de tous les côtés **(Gerard, 1999).**

L'eau est tellement présente dans nos vies qu'on en vient presque à oublier l'incroyable variété de ses formes et de ses propriétés. Elle est bien sûr d'abord dans la nature. Mais on la retrouve aussi dans tous les recoins de la maison, à travers les nombreux usages que nous en faisons.

Tour à tour salée, douce, potable, polluée, embouteillée ou encore solide, liquide, gazeuse, elle porte les noms les plus divers et se présente à nous sous les formes les plus variées : glace, grêle, grésil, frimas, verglas, gelée, grive, rosée, pluie, vapeur, buée, etc. Ce riche vocabulaire ne désigne pourtant qu'une seule et même chose : l'eau **(JeanSarodes).**

L'eau est le composant principal du corps humain et constitue entre 50% et 70% du poids du corps. Chaque cellule, tissu et organe du corps a besoin d'eau pour fonctionner correctement.

L'eau destinée à la consommation humaine peut être fournie à la population à partir de deux sources différentes ; les eaux souterraines (puits et sources), difficiles à exploiter en raison de la difficulté d'accès, et l'eau pure. Les eaux de surface (lacs, rivières, barrages) sont les plus vulnérables à la pollution. Il peut devenir une source de maladies d'origine hydrique causées par des bactéries, des virus ou des parasites.

L'eau prélevée dans le milieu naturel n'est généralement pas utilisable directement pour la consommation humaine car des éléments liés à l'activité de l'homme peuvent être entraînés (nitrate, matière organique, pesticide, matière en suspension, micro-organismes).

L'eau de robinet doit répondre à des normes strictes de qualité sanitaire, car elle ne doit contenir aucun germe nocif pour la santé, et être claire, sans goût ni odeur désagréable.

Dans la présente étude, nous contribuons à étudier la qualité microbiologique de l'eau potable dans la wilaya de Guelma, en prélevant des échantillons aux robinets de trois régions différentes de cette wilaya (région de Sellaoua Announa, Nechmaya et Guelma Ville).

Les objectifs du présent travail sont comme suite:

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

Nous avons structuré notre démarche en quatre chapitres :

- Le premier et le second sont purement théoriques, ils rassemblent d'une part des généralités sur l'eau, et d'autre part une description brève des sites de prélèvements
- Le troisième est un chapitre expérimental consacré aux méthodes utilisées pour l'analyse microbiologique de l'eau potable
- En fin, le dernier chapitre mentionne les différents résultats obtenus au cours de notre étude sous forme de tableaux et des graphes, avec une discussion et une conclusion clôturant le mémoire.

# *Synthèse Bibliographique*

## *Chapitre I : Généralités sur l'eau*

## 1. Généralité sur l'eau

La molécule d'eau est composée de deux atomes d'hydrogène (de symbole chimique H) et d'un atome d'oxygène (de symbole chimique O) lié par deux liaisons covalentes simples, formant un angle de 104.5°, sa formule chimique est H<sub>2</sub>O. Les liaisons entre les molécules d'eau sont appelées liaisons hydrogène (sont des liaisons physiques très faibles). Comme toute molécule, celle de l'eau est électriquement neutre. La molécule d'eau présente un moment dipolaire élevé (1,85D), dû à la forte électronégativité de l'atome d'oxygène. Cette polarisation permet d'expliquer pourquoi l'eau conduit le courant électrique et d'autres propriétés remarquables (**Blancher.G, 1972**).

### 1.1. Importance de l'eau

L'eau est un élément essentiel à la vie et au fonctionnement global de la planète terre, car elle atteint 70-80% de la surface totale de la terre. L'eau est au cœur des écosystèmes naturels et de la régulation climatique. Le cycle hydrologique est le nom donné au mouvement continu de l'eau en dessous, au-dessus et à la surface de terre, qui sans début ni fin, travers les états liquide, gazeux et solide presque 98% de l'eau salée, impropre à la consommation et moins de 1% de l'eau est potable sont disponible à l'utilisation, la majorité est enfermée dans les neiges et dans les polaires (**Lassoued. K, et Touhami. N, 2008**).

L'eau est essentielle à la vie : il s'agit d'une ressource vitale pour l'humanité et le reste du monde vivant. Tout le monde en a besoin, et pas uniquement pour boire. C'est la plus abondante de la matière vivante (jusqu'à 90% du poids pour certains être vivants, animaux et végétaux.....). L'eau est le principal constituant des cors humains, la quantité moyenne d'eau contenue dans un organisme adulte est de 65%, ce qui correspond à environ 45 litre d'eau pour une personne de 70Kilogrammes.

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

- ✓ Participe aux nombreuses réactions chimique dans le corps humain
- ✓ Assure le transit d'un certain nombre de substances dissoutes indispensables aux cellules
- ✓ Permet l'élimination des déchets métaboliques.

Aide au maintien d'une température constante à l'intérieure du corps. (**Monode.T, 1989**).

## **1.2. Différents types de l'eau**

L'eau est l'élément essentiel sur notre planète, car elle entretient la vie sur terre. Pour l'homme, l'eau destinée à la consommation constitue un élément fondamental pour les processus industriels comme l'agroalimentaire.

L'approvisionnement en eau pour la population peut se faire à partir de deux sources aux caractéristiques bien différentes :

Les eaux souterraines (les puits, les sources) difficiles d'exploiter car elles ne sont pas accessibles.

Les eaux superficielles (lacs, rivière, barrage), se trouvent exposées à l'environnement et pour ceci elles sont susceptibles de pollution [1].

### **1.2.1. Les eaux souterraines**

Les eaux souterraines sont la principale source d'eau douce de l'humanité. Les eaux souterraines représentent 30% de l'eau douce de la planète. Le reste constitue les calottes polaires (69%) ainsi que les fleuves et les lacs (1%) [2].

L'eau souterraine provient essentiellement de l'infiltration de l'eau de pluie, qui atteint les nappes aquifères en traversant les couches souterraines.

La nature géologique du terrain a une influence déterminante sur la composition chimique de l'eau souterraine.

Elles ont leur origine dans les eaux superficielles qui filtrent à travers les différentes couches de la terre et passent à la nappe aquifère, ce système de filtration naturelle permet que l'eau soit purifiée [1].

Les eaux souterraines sont toutes les eaux se trouvant sous la surface du sol, dans la zone de saturation et en contact direct avec le sol ou le sous-sol et se caractérise par une turbidité faible ou leurs eaux bénéficient de filtration naturelle importante (Chelli et Djouhri, 2013).

Comme elle se caractérise par une contamination bactérienne faible, car elle est habituellement à l'abri des sources de pollution. Par conséquent la dureté est élevée, et les eaux souterraines peuvent être en contact avec des formations rocheuses contenant des métaux bivalents comme le calcium ou magnésium. En plus, dans les eaux souterraines, le fer et le magnésium présentent une concentration élevée (Degrémont, 2005).

### 1.2.2. Les eaux de surface

En Algérie, les eaux de surface sont de plus en plus utilisées ces dernières années pour les besoins de l'agriculture, de l'alimentation en eaux potable et de l'industrie. Cependant ces eaux de surface sont vulnérables face aux diverses pollutions (naturelles et rejets industrielles) et sont souvent de qualité médiocre, ainsi les eaux de surface devraient subir des modifications physiques, chimiques et biologiques qui le rendant potable (**J. C. de Oliveira, K. P. Maia, N. L. Decastro, 2019**).

La détermination du traitement demande une étude analytique et spécifique pour éliminer les paramètres indésirables et toxiques qui influent sur la qualité des eaux.

Cette source est caractérisée par des pollutions microbiennes et chimiques maximales. C'est la raison pour laquelle elles sont l'objet d'un classement permettant théoriquement d'éliminer les plus contaminées et de sélectionner les plus pures d'entre-elles pour en faire des eaux d'alimentation. Ces eaux sont fréquemment utilisées dans les régions ou très industrialisées (**Vierling, 2003**).

Par opposition aux eaux souterraines les eaux de surface sont des eaux qui sont stockées à la surface des continents, elles proviennent soit par des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit par les eaux de ruissellement (fleuves, rivières, barrages, mares, marigots).

Elles sont caractérisées par une surface de contact eau-atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable.

Sa température varie en fonction du climat et des saisons, et ces matières en suspension sont variables selon la pluviométrie, la nature et le relief des terres à son voisinage. Sa composition en sels minéraux est variable selon le terrain, de la pluviométrie et des rejets. Une eau de surface est ordinairement riche en oxygène et pauvre en dioxyde de carbone (**Degrémont, 2005**).

Les eaux de surface sont constituées par les eaux de mer, des rivières, des fleuves des étangs, des lacs, des barrages, des réservoirs et des glaciers. Il s'agit d'une masse d'eau bien individualisée, immobile ou en mouvement, solide ou liquide (**Manceur et Djaballah, 2016**).

La pollution de cette eau peut provoquer de nombreuses maladies différentes telles que : choléra, typhoïde, hépatites, bilharziose et intoxications chimiques.



**Tableau 1:** Principales différences entre les eaux de surface et les eaux souterraines (Degremont, 1989).

Caractéristiques	Eau de surface	Eau souterraine
<b>Température</b>	Variable suivant saisons	Relativement constant
<b>Turbidité</b>	Variable, parfois élevée	Faible ou nulle
<b>Couleur</b>	Liée surtout aux MES sauf dans les eaux très douces et acides (acides humiques)	Liée surtout aux matières en solution (acides humiques...)
<b>Minéralisation globale</b>	Variable en fonction des terrains, des précipitations, des rejets... etc.	Sensiblement constante en général nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région
<b>Fer et Manganèse dissous</b>	Généralement absents	Généralement présents
<b>Nitrates</b>	Peu abondants en général	Teneur parfois élevée
<b>Micropolluants minéraux et organiques</b>	Présents dans les eaux de pays développés, mais susceptibles de disparaître rapidement après suppression de la source	Généralement absents mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps
<b>Eléments vivants</b>	Bactéries, virus	Ferro bactéries fréquentes

## 2. Définition et origine de l'eau de robinet

C'est en effet un terme générique qui ne peut s'appuyer sur un type unique, parce que consommer de l'eau en toute sécurité et sans danger peut la rendre potable. A cette notion de danger potentiel peut se superposer une notion d'agrément vis-à-vis du goût et même de confort (aspect, température) (Alouane, 2011).

L'eau de robinet, l'un des produits destinés à la consommation humaine les mieux surveillés, doit répondre à des critères de qualité très strictes et aux normes en vigueur. L'est est potable si elle ne contient aucune substance nocive pour la santé :

- Les germes pathogènes, comme les bactéries et les virus ;
- Les micro-organismes parasites ;
- Les substances chimiques indésirables, comme les nitrates, les phosphates, les métaux lourds, les hydrocarbures et les pesticides ;

Il doit également contenir des substances naturellement présentes dans l'eau potable et nécessaires à l'organisme :

- Des sels minéraux, comme le calcium, le magnésium, le potassium, le chlore...
- Des algo-éléments, comme le fluor, le cuivre, le fer, le silicium, le manganèse, le zinc ;

Pour que l'eau soit consommée en toute sécurité, l'eau doit répondre à des normes de validations très strictes dictées par le ministre de la santé :

- Le teneur en sulfate doit être inférieure à 250 mg/l ;
- le teneur en potassium doit être inférieur à 12 mg/l ;
- le PH de l'eau doit être compris entre 6.5 et 9 ;
- le TH soit la dureté de l'eau qui correspond à la mesure d'une eau en ions calcium et magnésium, doit être supérieur à 15 degrés. C'est-à-dire que l'eau ne doit pas contenir moins de 60mg/l de calcium ou 36 mg/l de magnésium, sinon elle sera jugée trop douce : pour ne pas corroder les canalisations, elle devra faire l'objet de minéralisation et / ou de neutralisation pour retrouver un équilibre calco-carbonique[3].

Selon l'encyclopédie médicale, l'eau potable doit respecter les seuils réglementaires des différents paramètres, divisés en différents groupes : les qualités organoleptiques (odeur, couleur, gout), les éléments organoleptiques (bactéries, virus), les substances toxiques (chrome, plomb), indésirables (fluor, nitrate), les pesticides ainsi que la composition naturelle se l'eau (PH, taux de calcium...) [4].

En Algérie, les sources d'eau potable sont soit d'origine souterraines soit de surface, la plupart des algériens consomment de l'eau potable qui provient généralement des eaux de surface que l'on peut stocker dans des barrages et après les traitée dans des stations de traitement pour fournir une eau qui respecte les normes algériennes de potabilité(**Kahoul et Touhami, 2014**) ; (**Ouahchia et al, 2015**).

62% de l'eau du robinet provient des eaux souterraines (nappes superficielles et profondes), les 38% restants proviennent des eaux superficielles (torrents, rivières, lacs). Le sol servant de filtre naturel permet d'assurer une bonne qualité de l'eau.

L'eau pure n'existe pas naturellement, c'est pourquoi l'eau subit plusieurs traitements avant d'être considérée comme potable. Afin de fournir une eau potable saine, exempte d'impuretés et propre à la consommation humaine, elle doit être traitée, où l'eau passe par la station d'épuration pour être purifiée puis vers des réservoirs de stockage ou des château d'eau, à l'aide de canalisations souterraines, et des pompes permettent de stocker l'eau en hauteur afin de la distribuer dans les habitations [3].

### **2.1. Les maladies (maladies hydriques) liées à l'eau potable**

L'eau est source de vie mais elle peut être également source ou vecteur de nombreuses maladies et donc provoquer la mort.

L'eau n'est apparue que tardivement comme pouvant jouer un rôle dans la santé. Elle a été identifiée comme facteur de transmission de maladie seulement en 1854 lors d'une épidémie de choléra à Londres. Progressivement l'accès correct à l'eau potable a permis d'augmenter l'espérance de vie à condition que dans le même temps les conditions d'hygiène s'améliorent.

Les maladies liées à l'eau sont très diverses par leur rapport avec celle-ci et le mode de transmission (Olivier. R., 2003).

On appelle maladies hydriques ou MTH (maladie transmissible hydrique) toutes maladies causées par la consommation d'eau contaminée par des selles animales ou humaines, qui contiennent des microorganismes pathogènes (Tourab., 2013).

On distingue quatre grands groupes de maladies sont liées à la disponibilité et à la qualité de l'eau, ainsi qu'à la gestion efficace des ressources hydriques : les maladies en rapport avec une carence aiguë ou chronique en eau propre, les maladies liées à la contamination de l'eau, les maladies liées à la contamination de l'eau par des toxiques et les maladies à transmission dite vectorielle.

**Les maladies en rapport avec une carence aiguë ou chronique en eau propre,** Cette carence peut survenir durant les épisodes de sécheresse, ou lors des destructions des infrastructures approvisionnant les populations (guerres ou catastrophes naturelles). Le risque est alors une déshydratation aiguë qui engage très rapidement le pronostic vital, en particulier chez les jeunes enfants. Les difficultés chroniques d'accès à une eau propre sont responsables

de terribles maladies en rapport avec le manque d'hygiène des mains et du visage. Le trachome, cause majeure de cécité notamment en Afrique, est d'abord prévenue efficacement par le nettoyage du visage.

**Les maladies liées à la contamination de l'eau** par un agent infectieux - un microorganisme - transmis à l'homme à l'occasion d'un contact avec l'eau ou d'une consommation d'eau. Il suffit parfois d'un bain en eau douce, comme dans le cas de la bilharziose, pour s'infecter, mais c'est l'ingestion de l'eau contaminée qui représente le plus grand pourvoyeur de maladies bactériennes ou virales graves.

Dans ce groupe se trouvent : en particulier le choléra, qui atteint encore plus de 50 pays, la typhoïde, le rota-virus, les hépatites A et E, l'amibiase, et l'ensemble des micro-organismes provoquant des diarrhées sévères, en particulier chez l'enfant.

Le cycle de transmission des agents infectieux permet de comprendre le potentiel épidémique de ces maladies, ainsi que le rôle des mesures d'hygiène (en particulier le lavage des mains) et d'assainissement (notamment les latrines) pour stopper leur propagation. L'eau est initialement contaminée par les selles d'une personne malade, qui contiennent les agents infectieux en grande quantité. Lorsque cette eau est utilisée ou ingérée par une personne jusque-là indemne, elle transmet alors la bactérie ou le virus qui provoque chez le patient des diarrhées, c'est-à-dire le rejet dans l'environnement de selles contaminées.

**Les maladies liées à la contamination de l'eau par des toxiques**, telle que l'arsenic et le fluor. La consommation chronique d'arsenic est ainsi à l'origine de plusieurs cancers, celle de fluor cause la survenue de maladies osseuses et dentaires.

**Les maladies à transmission dite vectorielle**, c'est à dire transmise par des insectes, principalement des moustiques, dont la vie dépend de la présence de réservoirs d'eau où ils peuvent se développer. Deux des principales maladies qui touchent les pays du sud, le paludisme et la dengue, sont transmises par une piqûre de moustique mais liées à l'eau car c'est dans ce milieu, en zone rurale ou en zone urbaine, que le moustique poursuit son développement, favorisé par la stagnation des eaux de pluie.

Enfin, sans être une source directe d'infection et de maladie pour l'homme, l'eau peut être un milieu dans lequel survit plusieurs jours un agent infectieux. C'est le cas du virus Ebola. C'est pourquoi lors de la récente épidémie en Afrique de l'Ouest, l'OMS a recommandé des mesures strictes d'hygiène et de gestion des eaux usées dans les centres prenant en charge des patients infectés.

Parmi ces maladies :

**Le choléra**, aussi appelé “**maladie des mains sales**” : est causé par la bactérie *Vibrio cholera*. Elle se transmet par la consommation d'aliments ou d'eau contaminée par les selles de personnes infectées.

Elle se propage dans l'Afrique, Amérique latine, Asie, Europe, et Océanie.

On estime des millions de cas recensés, et 148.000 morts chaque année.



**Figure 1** : la bactérie responsable de maladie choléra.

Le traitement du choléra consiste à remplacer les liquides et les électrolytes perdus. L'utilisation des sels de réhydratation orale est le moyen le plus rapide et le plus efficace pour y parvenir. La prévention permet également de lutter contre la maladie (approvisionnement en eau de boisson saine en quantité suffisante, bonne hygiène, personnelle et alimentaire, évacuation hygiénique des excréta).

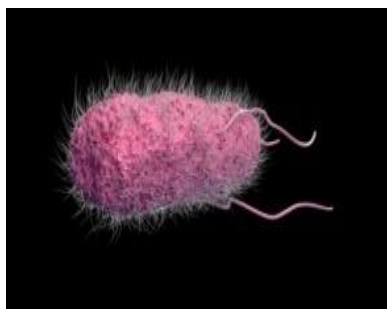
**La diarrhée**: est un symptôme d'une infection causée par un grand nombre d'organismes bactériens, viraux et parasitaires dont la plupart peuvent se propager par l'eau contaminée. Elle est plus fréquente lorsqu'il n'y a pas d'eau propre pour la boisson, la cuisine et le nettoyage, et lorsque les règles d'hygiène essentielles ne sont pas respectées.



*Campylobacter*



*Yersinia Enterocolitica*

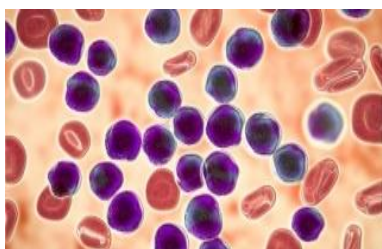
*Salmonella**Shigellasp***Figure 2:** Les bactéries responsables de maladie de diarrhée.

Elle se propage dans le monde entier.

On estime que 1,7 milliards de personnes sont affectées par des diarrhées chaque année, et plus de 842 000 personnes dont 350 000 enfants de moins de 5 ans en meurent.

Pour lutter contre ce fléau, il faut un accès à une eau de boisson potable, à un assainissement amélioré, à une hygiène personnelle et alimentaire adaptée, ainsi qu'à une éducation sanitaire sur la manière dont l'infection se propage.

**L'hépatite :** deux des virus qui causent l'hépatite (hépatite A et E) peuvent être transmis par l'eau et les aliments. Parmi les causes infectieuses, on peut mentionner un approvisionnement en eau insuffisant ainsi qu'un mauvais assainissement et une hygiène de mauvaise qualité.

**Figure 3 :** Le virus de l'hépatite A**Figure 4:** Le virus de l'hépatite E

Elle se propage dans le monde entier, mais il y a une forte présence de l'hépatite A en Afrique, Amérique centrale, Amérique du Sud, et Asie.

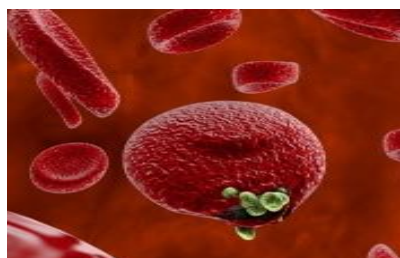
On n'estime que 20 millions de cas recensés par an d'hépatite E, et 44 000 décès en 2015.

Il n'existe aucun médicament antiviral. La prévention passe par l'éducation sur l'assainissement de bonne qualité et l'hygiène personnelle, notamment le lavage des mains, des approvisionnements en eau propre suffisante et l'élimination adéquate des déchets.

**Le paludisme, ou malaria** (en anglais) : est la maladie infectieuse parasitaire la plus importante dans le monde. Elle est due à un parasite du genre *Plasmodium*, transmis, la nuit, lors de la piqûre par une femelle moustique du genre *Anophèles*. Sans traitement rapide et efficace, le paludisme peut évoluer vers une forme cérébrale grave et mortelle.



**Figure 5:** Le moustique responsable de la transmission du paludisme



**Figure 6 :** Une boule de sang infectée par le paludisme

Elle se propage dans l'Afrique Subsaharienne, Asie du Sud-est, et Amérique du Sud.

On estime entre 300 et 500 millions de cas ; et plus d'un million de décès chaque année.

Aucun vaccin n'est disponible pour lutter contre le paludisme. Les médicaments antipaludiques préventifs ne garantissant pas une protection absolue l'infection, il est important de se protéger des piqûres de moustiques : moustiquaires, produits anti-moustiques, prévention du paludisme pendant la grossesse, détection précoce et contrôle des épidémies de paludisme.

**Les fièvres typhoïdes et paratyphoïdes :** sont des infections causées par des bactéries *Salmonellatyphi* et *Salmonellaparatyphi*. Les personnes deviennent infectées lors de l'ingestion d'aliments ou de boissons qui ont été manipulé(e)s par une personne infectée ou après avoir consommé de l'eau de boisson contaminée par des selles ou des effluents contenant les bactéries.



**Figure 7:** Salmonelle typhique bactérie responsable de maladie Les fièvres typhoïdes.

Elle se propage dans la plupart des pays les moins industrialisés.

On n'estime que 17 millions de cas environ au niveau mondial.

Pour la prévention il faut appliquer l'hygiène personnelle, lavage des mains, approvisionnement en eau saine, assainissement adéquats, Un vaccin est disponible, bien qu'il ne soit pas recommandé systématiquement et qu'il ne fournit pas une protection totale vis à vis de l'infection (**Guillaume. L, 2016**).

## **2.2. Mode de transmission de ces maladies**

Les maladies hydriques s'étalent par la contamination des systèmes de distribution d'eau potable par l'urine et les fèces des personnes ou animaux infectés.

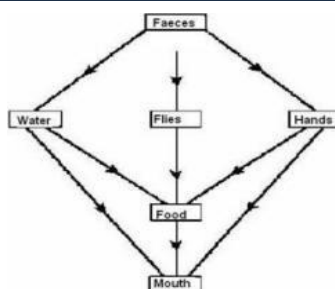
Ceci est susceptible de se produire ou les systèmes d'eau potable publics et privés puisent leur eau depuis l'eau de surface (pluie, ruisseaux, rivières, lacs etc.), qui peut être contaminée par des personnes ou des animaux infectés. L'écoulement des décharges, des eaux usées, des eaux industrielles ou résidentielles peut parfois contaminer les eaux de surface donc ceci a été la cause de nombreuses manifestations dramatiques de maladies fécale-oral telles que le choléra et la typhoïde.

Cependant, il existe de nombreux chemins possibles par lesquels les matières fécales (faeces) peuvent atteindre la bouche (Mouthe), par exemple sur les mains (hands) ou sur la nourriture contaminée (Food).

Les germes des fèces peuvent entraîner des maladies même par léger contact. la contamination peut se produire à cause des eaux en crue, des ruissellements de l'eau des décharges, des eaux usées.....par exemple la transmission de la malaria est facilitée lorsqu'un grand nombre de personnes dorment à l'extérieure par temps chaud, ou dorment dans leurs maisons sans protection contre les moustiques envhissants. les moustiques de la malaria, des simulies tropicaux. Les schistosomiasés peuvent tous être contrôlés avec un drainage efficace parce qu'ils dépendent tous de l'eau pour accomplir leurs cycles de vie.

Donc, Le seul moyen de casser la transmission continue est d'améliorer le comportement hygiénique des hommes et de leur fournir certains besoins ; eau potable, équipement de bains et de lavage et l'assainissement (**Olivier. R., 2003**).





**Figure 8:** Le chemin fèces-oral de transmission des maladies.

Selon le mode de transmission de l'agent causal les maladies hydriques ; on distingue :

**Les infections dont l'agent est véhiculé passivement par l'eau (water borne) :** Il s'agit de maladies transmises directement par l'ingestion d'eau ou d'aliments contaminés par celle-ci. Elles sont donc directement liées à la qualité de l'eau.

- **Maladies bactériennes :** les infections à Salmonella (typhoïde) ou à entérobactéries (Campylobacter, E. coli), le choléra, les shigelloses... .
- **Infections virales :** l'hépatite A (et E), la poliomyélite, les rota virus responsables de diarrhées, les entérovirus...
- **Infections parasitaires :** dracunculose, amibiases, giardias et autres flagellés intestinaux essentiellement.

Ce mode de transmission concerne la plupart des agents étiologiques de diarrhée. La contamination de l'eau se fait par les excréta (péril fécal).

Un traitement simple de l'eau, (chloration, Javel) supprime le risque de contamination.

- **Les maladies dont la fréquence diminue quand on augmente les quantités d'eau disponible (water washed) :** ce sont les infections favorisées par le manque d'eau. Il s'agit de :

- Dermatoses : gales, teignes, pyodermites.
- Conjonctivite : trachome.
- Otites.
- Le Plan et le Bejel.
- Certaines entérites : diarrhées, oxyures.

Ces différentes infections sont favorisées par un lavage corporel insuffisant, en particulier celui des mains. Le manque d'hygiène provoqué par le peu de disponibilité de l'eau est le plus souvent

en cause. Un apport satisfaisant en eau fait disparaître la majeure partie de ces pathologies à condition que conjointement l'hygiène corporelle soit améliorée.

**- Les maladies dont l'agent causal a un cycle comportant une phase aquatique obligatoire (water based) :** ce sont des parasitoses pour lesquelles un hôte intermédiaire vivant dans l'eau est nécessaire pour la maturation du parasite.

Cet hôte intermédiaire peut être un mollusque pour la bilharziose, un poisson pour le bothriocéphale ou par un petit crustacé pour le ver de Guinée.

Ces maladies ne peuvent pas persister en l'absence d'eau. Elles sévissent généralement après un contact avec l'eau ou à proximité de celle-ci, parfois par l'intermédiaire d'un aliment d'origine aquatique contaminé (poisson).

Les moustiques ont besoin d'eau pour se reproduire. Ils ne peuvent pas survivre en l'absence d'eau. Ils piquent généralement à proximité de l'eau. Ils transmettent le paludisme, les arboviroses (fièvre jaune, dengue en particulier), les filaires.

Les glossines, vecteur de la trypanosomiase, vivent également à proximité des eaux calmes. Les simulies transmettant l'onchocercose vivent et se reproduisent dans les eaux rapides **(Olivier. R., 2003)**.

### **2.3. Leurs effets à la santé de population**

L'eau contaminée et le manque d'assainissement entraînent la transmission de maladies comme le choléra, la diarrhée, la dysenterie, l'hépatite A, la fièvre typhoïde et la poliomyélite. L'insuffisance ou l'absence des services d'alimentation en eau et d'assainissement ou leur mauvaise gestion expose les personnes concernées à des risques évitables pour leur santé. C'est particulièrement vrai dans les établissements de santé où les patients et le personnel courent un risque supplémentaire d'infection et de maladie lorsqu'il n'y a pas de services d'alimentation en eau, d'assainissement et d'hygiène. À l'échelle mondiale, 15 % des patients contractent une infection pendant leur séjour à l'hôpital, cette proportion étant bien plus grande dans les pays à faible revenu.

La mauvaise gestion des eaux usées urbaines, industrielles et agricoles implique pour des centaines de millions de personnes une contamination dangereuse ou une pollution chimique de l'eau potable. La présence naturelle de produits chimiques, notamment l'arsenic et le fluorure, en particulier dans les eaux souterraines, peut également avoir une incidence sur la santé, tandis que d'autres produits chimiques, comme le plomb, peuvent être libérés dans l'eau

potable en quantités importantes en raison de leur présence dans les éléments du réseau d'approvisionnement (**Organisation Mondiale de la Santé., 2022**).

La transmission des maladies par la voie hydrique est sous contrôle dans la majorité des pays industrialisés. Malgré tout, des maladies épidémiques ou endémiques sont encore observées. Plusieurs micro-organismes sont en émergence, et *Cryptosporidium* a été impliqué dans des épidémies importantes dans plusieurs pays. Le contrôle de ces maladies transmissibles par la voie hydrique requiert des autorités des nouvelles approches qui allient le contrôle des risques de cancer dus aux sous-produits de la désinfection au contrôle des micro-organismes les plus résistants. Aux États-Unis, l'objectif proposé est l'absence de micro-organismes dans l'eau potable. Cet objectif ne peut être contrôlé par les indicateurs usuels et l'on recommande donc un niveau de traitement équivalent (**Payement. P., et Hartemann. P., 1998**).

Les oligo-éléments comme le fer (Fe), le cuivre (Cu), le manganèse (Mn) et le zinc (Zn) sont présents naturellement dans les aliments ou les suppléments de vitamines. Cependant, à des doses élevées, ces métaux peuvent devenir toxiques lorsqu'ils ne sont pas métabolisés par le corps et qu'ils s'accumulent dans les tissus ; selon les concentrations d'exposition, des effets nocifs peuvent être anticipés sur la santé humaine et la production d'eau potable. À de faibles expositions, certains métaux lourds sont essentiels pour une vie saine.

Une vingtaine de métaux sont définis comme étant toxiques. La moitié d'entre eux sont émis dans l'environnement à des quantités pouvant causer un risque pour la santé. Les métaux lourds toxiques les plus fréquemment retrouvés dans l'environnement sont l'arsenic (As), le mercure (Hg), le cadmium (Cd), le plomb (Pb) et l'aluminium (Al). De plus, l'antimoine (Sb), le béryllium (Be), le chrome (Cr), le cobalt (Co), le cuivre (Cu), le nickel (Ni), le thallium (Th), l'uranium (U), le vanadium (V) et le zinc (Zn) font partie des métaux lourds auxquels il faut également faire attention. Le baryum (Ba), le sélénium, (Se), le Sb, l'As et le Th peuvent affecter le sang et sa circulation (augmentation du cholestérol, diminution du taux de sucre, augmentation de la pression sanguine, etc.). Le Be, le Cd, le Cu, l'Hg et le Th peuvent causer des dommages aux organes internes tels que le foie, les reins et les intestins. L'As et le Cr peuvent affecter la peau. Le Pb peut retarder la croissance physique ou mentale chez le nourrisson et l'enfant ainsi que causer des retards irréversibles de développement neurocognitif. L'ingestion de Se ou de Th 16 peut entraîner des pertes de cheveux et des ongles. Enfin, l'As a augmenté les risques de cancer. Les métaux les plus souvent liés à une intoxication sont le Cu, le Ni, le Cd, le Cr, l'As, le Pb et le Hg (**Akpor. O. B., et Muchie., 2010**).

### 3. Propriété de l'eau

Indispensable à la vie, catalyseur de nombreuses réactions chimiques, l'eau est également le principal agent d'érosion et sédimentation et donc un facteur déterminant de la formation des paysages. Sur la terre, l'eau existe dans les trois états : liquide (eau proprement dite), solide (glace) et gazeux (vapeur d'eau). Ces trois phases coexistent dans la nature, toujours observables deux à deux, et plus ou moins en équilibre : eau- glace, eau- vapeur, glace- vapeur selon les conditions de température et de pression. Et parmi les propriétés de l'eau il y a Propriété physique et propriété chimique(**Bliefert Claus et Perraud Robert, 2008**).

#### 3.1. Propriété physique

Le caractère polaire de la molécule d'eau est à l'origine d'associations possibles entre les molécules d'eau ; il donnera lieu à bien des anomalies physiques que nous signalons brièvement, telles que :

##### 3.1.1. Température d'ébullition

Anormalement élevée, si on la compare avec celle des composés de masse moléculaire du même ordre et possédant plusieurs atomes d'hydrogène. Dans les conditions normales elle est de 100°C(**BoglinJean-claude,2000**).

##### 3.1.2. La masse volumique

Elle varie avec la température et la pression, mais aussi avec la teneur en sels dissous. L'eau a une masse volumique de 1g/cm<sup>3</sup>(**BoglinJean-claude,2000**).

##### 3.1.3. La viscosité

On l'appelle souvent frottement interne. Lorsque la température augmente, la viscosité diminue, le traitement devient plus facile, les opérations de sédimentation et de dégazage sont plus rapides. La présence de sels dissous augmente la viscosité car il y a augmentation du degré d'association (**Ouali, 2008**).

##### 3.1.4. La tension superficielle

Elle se forme facilement grâce à l'expérience de l'aiguille qui flotte à la surface de l'eau dans un verre. Cette tension superficielle due aux liaisons hydrogène entraîne aussi la montée de l'eau dans un tube capillaire (**Kemmer. F, 1984**).

Elle diminue avec l'augmentation de la température, et augmente avec l'addition de sels dissous (**Degremont.G, 2005**).

### 3.2. Propriété chimique

L'énergie de formation d'une molécule d'eau est élevée à 242 KJ/mol. L'eau a grande stabilité est liée aux propriétés électriques et à la composition moléculaire de l'eau, ce que en fait le plus grand solvant, c'est qu'il a la capacité de dissoudre plus de substances polaires que tout autre liquide, ainsi que de nombreux corps solides et gazeux.

La dissolution ou l'action hydratante de l'eau est le résultat des molécules d'eau entourant les ions de la substance dissoute et formant avec elle des liaisons hydrogène, empêchant à nouveau leur union, en formant une membrane qui entoure l'ion dans tous les côtés, et donc la formation de nouvelles structures (Zella et Smadhi, 2006).

#### 3.2.1. Eléments majeurs : origine et teneur

##### 3.2.2. Magnésium ( $Mg^{2+}$ ) :

Le magnésium est un élément très répandu dans la nature et il est présent dans la plupart des eaux naturelles. Le magnésium contribue à la dureté de l'eau sans être l'élément essentiel et aussi il est indispensable pour la croissance et pour la production de certaines hormones (Savary., 2010).

##### 3.2.3. Sodium et potassium ( $Na^+$ , $K^+$ )

Le Sodium ( $Na^+$ ) : est un élément dont la concentration dans l'eau varie d'une région à une autre. Il n'existe pas de danger dans l'absorption des quantités relativement importantes de sodium sauf pour les malades hypertendus.

Pour les doses admissibles de sodium dans l'eau il n'y a pas de valeur limitée standard : Cependant les eaux trop chargées en sodium deviennent saumâtres et prennent un goût désagréable.

Le potassium ( $K^+$ ) : dans les eaux naturelles est de l'ordre de 10 à 15 mg/L. A cette concentration, le potassium ne présente pas d'inconvénients pour la santé des individus. Le seuil de perception gustative est variable suivant le consommateur, se situe aux environs de 40 mg /L pour les chlorures de potassium (Gasmi. W., et Refice. M., 2020).

##### 3.2.4. Les sulfates ( $SO_4^{2-}$ )

Peuvent être trouvés dans presque toutes les eaux naturelles. L'origine de la plupart des composés sulfates est l'oxydation des minerais de sulfites, la présence de schistes, ou de déchets industriels. Le sulfate est un des éléments majeurs des composés dissouts dans l'eau de Pluie La concentration en ion sulfate des eaux naturelles est très variable. Dans les terrains ne contenant

pas une proportion importante de sulfates minéraux, elle peut atteindre 30 à 50 mg/L, mais ce chiffre peut être très largement dépassé (jusqu'à 300 mg / L) dans les zones contenant du gypse ou lorsque le temps de contact avec la roche est élevé (Abibsi, 2011).

#### 4. Caractères organoleptiques

##### 4.1. Couleur

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances dissoutes, c'est-à-dire passant à travers un filtre de porosité (0,45µm). Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration (Rodier, J, 2009).

##### 4.2. Odeur

L'odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition. Ces substances sont en général en quantité si minime qu'elles ne peuvent être mises en évidence par les méthodes d'analyse ordinaire. Le sens olfactif peut seul, parfois, les déceler (Rodier, J, 2009).

##### 4.3. Gout

Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lors de la boisson est dans la bouche (Rodier et al.,2005).

#### 5. Les paramètres physico-chimiques de l'eau

##### 5.1. La température

La température de l'eau joue un rôle important en ce qui concerne la solubilité des sels et des gaz. Les vitesses des réactions chimiques et biochimiques sont accrues par la température d'un facteur 2 à 3 pour une augmentation de température de 10°C. Dès que l'on augmente la température de l'eau, l'activité métabolique des organismes aquatiques est alors accélérée. La valeur de ce paramètre est influencée par la température ambiante mais également par d'éventuels rejets d'eaux résiduaire chaudes (Dali, Z. et Bentaleb, F, 2005).

##### 5.2. Le PH

Le pH mesurant l'acidité d'une solution, est défini par l'expression  $\text{pH} = -\log H^+$  où ( $H^+$ ) est l'activité de l'ion hydrogène  $H^+$  dans la solution. Les équilibres physicochimiques sont conditionnés par le pH. Il intervient avec d'autres paramètres comme la dureté, l'alcalinité et la température, habituellement il varie entre 7,2 et 7,6. Cependant, dans certains cas, il peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Des pH faibles

augmentent le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Des pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac, toxique pour les poissons (**Degremont, 2005**).

### 5.3. La conductivité électrique

L'eau pure est peu conductrice du courant électrique car elle ne contient que très peu de particules chargées électriquement (ions), susceptibles de se déplacer dans un champ électrique. L'unité de conductivité est le micro-siemens par centimètre ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

Pour la mesure de la conductivité, plonger la sonde dans le milieu à analyser, remuer avec soin et légèrement la sonde et attendre que la lecture se stabilise. Après utilisation, rincer les sondes à l'eau déminéralisée (**Agrigon. A, 2000**).

La conductivité traduit la minéralisation totale de l'eau. Sa valeur varie en fonction de la température (**Rodier. J, 1996**).

### 5.4. La turbidité

La turbidité est la mesure de l'aspect trouble de l'eau. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence de matières en suspension (MES), comme les argiles, les limons sont les micro-organismes. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale. La turbidité résulte de la diffusion de la lumière qui est ainsi déviée dans toutes les directions. Ce sont des particules en suspension dans l'eau qui diffusent la lumière.

Leur origine peut être extrêmement variable : érosion des roches, entraînement des matières minérales ou organiques du sol, déversement d'eaux usées domestiques ou industrielles riches en matières en suspensions grossières (**Derwiche. Et al, 2010**).

### 5.5. Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

L'azote des nitrates, comme celui des nitrites et de l'ammoniac, est un des éléments nutritifs des plantes et à ce titre il a donné lieu, au même titre qu'au phosphore (**Kadiri, 2005**). Soluble dans l'eau, le nitrate est utilisé dans la fabrication d'explosifs et dans l'industrie chimique comme oxydant, et comme conservateur dans les denrées alimentaires (**Savary, 2010**).

Les eaux naturelles non polluées contiennent peu de nitrates, dans les eaux superficielles leurs concentrations naturelles ne dépassent pas 3 mg/L, et varie de 0.1 à 1 mg/L, actuellement il dépasse 50 mg/L, ce qui est la norme approuvée pour les eaux souterraines par l'OMS (**Molénat et al, 2011**). Produites de la nitrification de l'azote organique des sols par les bactéries et l'oxyde

d'azote absorbé par la pluie, l'ajoute d'engrais chimiques ou organiques et aux rejets des eaux usées ; d'origine domestique et industrielle, est à l'origine de l'émergence de teneurs anormalement élevées (**M.Rieu, 1981 ; Baza.Y, 2006**).

Dans l'estomac, les nitrates sont convertis en nitrites, ce qui entraîne la transformation de l'hémoglobine du sang en méthémoglobine, impropre à fixer l'oxygène. La consommation d'eau chargée en nitrates ou en nitrites est l'origine de la cyanose, notamment chez les nourrissons (**Laferriere .M ; Nadeau. A ; Malenfant.G. 1995**).

### 5.6. L'alcalinité

Dans l'eau naturelle, l'alcalinité est principalement causée par la présence d'hydrogénocarbonate et d'hydroxydes de carbonate. Contrairement à l'acidité, l'alcalinité de l'eau correspond à la présence de bases et de sels d'acide faible (**Rodier et al, 2009**).

Et correspond aussi à sa capacité de réagir avec les ions  $H^+$  qui est due à la présence des constituants alcalins  $HCO^{-3}$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $OH^-$ . On distingue deux types d'alcalinité :

- Alcalinité totale (ou titre alcalimétrique totale complet)

$$TAC = [OH^-] + [CO_3^{2-}] + [HCO_3^-]$$

- Alcalinité composite (ou titre alcalimétrique)

$$TA = [OH^-] + (1/2)[CO_3^{2-}]$$

Il n'existe pas de normes européennes ni françaises concernant l'alcalinité. C'est un paramètre important car sa valeur peut donner à l'eau un caractère agressif ou incrustant (**A. Al-Rawajfeh et E. M. Al-Shamaileh, 2007**).

### 5.7. Le chlorure

Les chlorures sont présents en grande quantité dans l'eau de mer. Leur concentration dans l'eau de pluie est approximativement de 3mg/l. Les chlorures sont très répandus dans la nature généralement sous forme de sels du sodium (NaCl), de potassium (KCl) et de calcium (CaCl<sub>2</sub>) (**Ayad, 2016**).

Les teneurs en chlorures (Cl<sup>-</sup>) des eaux sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés. Ainsi, les eaux courantes non polluées ont souvent une teneur en chlorure. Dans l'eau, le chlorure n'a ni odeur, ni couleur, mais peut procurer un goût salé (**Chelli, Djouhriet al, 2013**).



### 5.8. Les sulfates

Elles sont rencontrées sous formes de sulfates de magnésium et ou calcique dans les eaux dues. A fortes concentration, ils peuvent provoquer des troubles gastro- intestinaux (en particulier chez l'enfant) ils peuvent aussi conférer à l'eau un goût désagréable.

Les normes américaines préconisent pour les sulfates une concentration maximale acceptable de 200 mg /L et une concentration maximale admissible de 400 mg /L (SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>).

Cette dernière valeur de 400 mg / L est également adoptée par l'OMS, une teneur supérieure à 400 mg /L. rend l'eau impropre à la consommation (**Gasmi. W., et Refice. M., 2020**).

### 5.9. Les résidus secs

Dans leur parcours naturel, au contact des sols et des roches, les eaux minérales se chargent en sels minéraux et oligo-éléments à l'abri de toute pollution. Pour savoir si une eau est peu ou fortement minéralisée, il suffit de regarder son "résidu sec". Cet indicateur permet de déterminer le taux de minéraux recueillis après évaporation d'1 litre d'eau soumis à 180°C.

End'autres termes, on apprécie la quantité de métaux solides qui s'est formée après avoir fait chauffer 1 litre d'eau à 180°C. Plus une eau est minérale, plus son résidu sec est élevé. Si le taux de minéraux est supérieur à 1 500 mg / L, l'eau est "riche en minéraux" (calcium, magnésium et/ou sodium). S'il est compris entre 500 et 1 500 mg / L, l'eau est moyennement minéralisée. S'il est inférieur à 500 mg / L, c'est une eau faiblement minéralisée. S'il est inférieur à 50 mg / L, c'est une eau très faiblement minéralisée (**Rodier et all 1996**).

### 5.10. Dureté totale de l'eau

La dureté totale de l'eau est la mesure de calcium et du magnésium contenus dans l'eau.

Ces deux éléments combinés forment du carbonate de calcium, notre corps a besoin de calcium (Ca) et de magnésium (Mg).

Dans certains pays, des niveaux minimums de calcium sont conseillés (le taux minimal de calcium est de 20 mg/L).

Le principal problème d'un niveau de dureté totale élevé de l'eau est que des dépôts peuvent se former dans la tuyauterie et les rendre moins efficaces.

Si l'eau est très dure, cela peut également provoquer une diminution de l'efficacité des savons et détergents, et affecter le goût de l'eau [5].

### 5.11. Chlore

Le chlore total est l'ensemble des espèces chimiques renfermant du chlore à l'état oxydé. Correspond habituellement à la somme du chlore libre et du chlore combiné présents dans l'eau.

Chlore libre : quantité de chlore présent dans l'eau sous forme de gaz dissous ( $\text{Cl}_2$ ), d'acide hypochloreux ( $\text{HOCl}$ ) et/ou d'ion hypochlorite ( $\text{OCl}^-$ ) qui n'est pas lié à l'ammoniac ni à d'autres composés.

Le risque de trouver du chlore libre dans les eaux de surface est très limité dans la mesure où cette molécule est très réactive. Le chlore libre peut se combiner à des substances organiques pour former des formes halogénées (chloroforme par exemple) qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface[6].

### 5.12. Le fer

Le fer se trouve de manière importante dans les eaux souterraines car c'est un élément de la croûte terrestre à raison de 4,5 à 5%. Sa présence dans l'eau dépend des conditions physiques et hydrologiques (lessivage des terrains, rejets industriels, corrosion des canalisations métalliques). Une eau destinée à la consommation humaine ne doit pas contenir plus de 0,3 mg/L de fer (**Potelon J.L. et Zysman K., 1998**).

### 5.13. Nitrates et nitrites

Nitrates ( $\text{NO}_3$ ) et nitrites ( $\text{NO}_2$ ), les composés azotés les plus nocifs une concentration élevée de nitrites indique une contamination bactérienne due à l'oxydation de l'ammoniac, ces composés peuvent provoquer des troubles graves chez les nourrissons, provoquer une hypertension artérielle et sont des précurseurs de nitrosamines cancérigènes (**W.Ayad, 2017**).

Le danger pour la santé de ces composés réside dans la capacité du corps humain à convertir les nitrates en nitrites, il est possible que les nitrites soient liées à l'hémoglobine, cette dernière s'oxyde en méthémoglobine, incapable de transporter l'oxygène vers les tissus qui en ont besoin. Chez l'adulte, cette maladie s'appelle méthémoglobinémie, ce risque est très faible car une enzyme réduit la méthémoglobine en hémoglobine. (**Castany 1998 ; OMS 2000**).

### 5.14. Plomb

Le plomb est un métal toxique avec des risques cumulatifs, (**A.Carocci et al, 2016**), on le trouve en abondance, il est très répandu dans la croûte terrestre et on ne le retrouve jamais dans l'eau potable pour assurer une bonne qualité de l'eau à la population. La présence de plomb dans le robinet est due à l'oxydation des circuits de distribution publics et privés, le plomb provient de

canalisations ou des branchements, et aussi de l'oxydation d'alliages, des soudures, voire de plastiques contenant du plomb (Morlot, 1996 ; Douard et Lebental, 2013 ; Jumeni, 2015).

Même de faibles doses peuvent affecter les développements physiques, intellectuels et psychomoteurs chez les enfants, notamment des effets indésirables neurologiques, cardiovasculaires, rénaux, développementaux et reproductifs, il peut également nuire au développement du cerveau de l'enfant et avoir des effets négatifs sur le système nerveux et le comportement (M. S. Sankhla et al, 2017 ; J.Xue et al., 2018).

### 5.15. Sodium et potassium

Le sodium est un élément dont la concentration dans l'eau varie d'une région à une autre. Il n'existe pas de danger dans l'absorption des quantités relativement importantes de sodium sauf pour les malades hypertendus. Pour les doses admissibles de sodium dans l'eau il n'y a pas de valeur limitée standard :

Cependant mes eaux trop chargées en sodium deviennent saumâtres et prennent un goût désagréable.

Le teneur en potassium dans les eaux naturelles est de l'ordre de 10 à 15 mg/L. a cette concentration, le potassium ne présente pas d'inconvénients pour la santé des individus. Le seuil de perception gustative est variable suivant le consommateur, se situe aux environs de 40 mg/L pour les chlorures de potassium (Hoffmann F., Auly T., Meyer A-M., 2014).

### 5.16. Sulfates

Elles sont rencontrées sous formes de sulfates de magnésium et ou calcique dans les eaux dues. A fortes concentration, ils peuvent provoquer des troubles gastro- intestinaux (en particulier chez l'enfant) ils peuvent aussi conférer à l'eau un goût désagréable.

Les normes américaines préconisent pour les sulfates une concentration maximale acceptable de 200 mg /L et une concentration maximale admissible de 400 mg /L (SO<sub>4</sub>-2).

Cette dernière valeur de 400 mg / L est également adoptée par l'OMS, une teneur supérieure à 400 mg /L. rend l'eau impropre à la consommation (Gasmi. W., et Refice. M., 2020).

### 5.17. Manganèse

Le manganèse est un élément métallique constituant environ 0,1 % de la croûte terrestre. Il existe 11 états d'oxydation du manganèse, allant de -3 à +7, mais le Mn<sup>2+</sup> Mn<sup>4+</sup> et Mn<sup>7+</sup> demeurent les plus courants. Le manganèse et ses composés se manifestent sous une forme

solide dans le sol et sous une forme dissoute, colloïdale ou particulaire dans l'eau. La plupart des sels de manganèse, sauf le phosphate et le carbonate, sont facilement solubles dans l'eau, contrairement aux oxydes (dioxyde et tétr oxyde), qui sont peu solubles. Le manganèse se retrouve également dans l'air sous la forme de particules de poussières (Rodier *et al.*, 1996).

Par ailleurs, lorsque sa concentration dans l'eau est de plus de 0,02 mg/L, le manganèse peut :

- Modifier le goût, l'odeur et la couleur de l'eau ;
- Tacher les vêtements lavés et les appareils électroménagers.

**Tableau 2:** Normes OMS et Algériennes des paramètres physico-chimique pour l'eau potable (JORA, 2011) et (OMS, 2003).

Paramètre	Unité	Normes Algérienne	Normes OMS
<b>PH</b>	Unité PH	6,5-8,5	9
<b>Température</b>	°C	25	25
<b>Conductivité</b>	Us/cm	2800	2100
<b>Résidu sec</b>	Mg/L	2000	1500
<b>Turbidité</b>	NTU	2	2,5
<b>Dureté total (TH)</b>	Mg/L	500	500
<b>Calcium</b>	Mg/L	200	270
<b>Magnésium</b>	Mg/L	150	50
<b>Sodium</b>	Mg/L	200	150
<b>Potassium</b>	Mg/L	20	20
<b>Sulfate</b>	Mg/L	400	400
<b>Chlorure</b>	Mg/L	500	250
<b>Nitrate</b>	Mg/L	50	50
<b>Nitrite</b>	Mg/L	0,1	0,1
<b>Aluminium</b>	Mg/L	0,2	0,2
<b>Phosphate</b>	Mg/L	0,5	0,5
<b>Ammonium</b>	Mg/L	0,5	0,5
<b>Matières organique</b>	Mg/L	3	-
<b>Métaux lourds</b>	Mg/L	0,3	-
<b>Fer</b>	Mg/L	0,3	0,3
<b>manganèse</b>	Mg/L	0,5	0,4

### 3. La pollution d'eau

#### 6.1. Classification des polluants

##### a) Polluants chimiques :

La pollution chimique est définie comme la présence des substances dissoutes indésirables ou dangereuses. Ce sont des corps dépourvus de vie qui peuvent être nuisibles à l'homme. L'eau contient naturellement des composés chimiques. C'est quand ils sont en excès (par rapport à une norme) ou qu'ils apparaissent là où ils ne devaient pas qu'ils causent la pollution (**Langevin J., Lefebvre R., Toutant C., 2000**).

##### b) Polluants radioactifs :

La pollution d'eau par des matières radioactives est devenue un problème croissant et plus grave, dont la principale source réside dans les rejets d'éléments radioactifs provenant des explosions d'armes nucléaires, les déchets des usines utilisant l'énergie atomique et l'utilisation des isotopes radioactifs en médecine, dans l'industrie et dans diverses branches de l'activité civile (**M. Tardat-Henry, 1984**).

##### c) Polluants biologiques :

Ils comprennent les organismes libres et les agents pathogènes.

- **Organismes libres** : les principaux organismes libres présents dans l'eau, sont : le plancton, les macro-invertébrés et les micro-organismes.

Ces derniers se subdivisent en :

- ✚ Micro-organismes des eaux de surface.
- ✚ Micro-organismes des eaux propres.
- ✚ Micro-organismes responsables de certains goûts et odeurs
- **Agents pathogènes** : sont les protozoaires, les bactéries pathogènes, les virus.
- **Les protozoaires** : l'espèce pathogène la plus fréquente en Afrique subtropicale, *Entamoebahistolytica*, provoque la dysenterie amibienne.
- **Les bactéries pathogènes** : Certaines d'espèces bactériennes normalement absentes dans l'intestin d'une personne en bonne santé, peuvent être sécrétées de façon intermittente et en quantités variables selon le lieu et l'état de santé de dite population.

Ces bactéries pathogènes, ou potentiellement pathogènes, sont responsables de la plupart des maladies infectieuses qui sévissent en Afrique subtropicale : choléra, fièvre typhoïde, dysenterie, gastro-entérite, maladies diarrhéiques, etc.

Généralement transmises à l'homme par voie digestive liée à la consommation d'eau ou d'aliments contaminés, les bactéries pathogènes jouent un rôle déterminant dans la pollution biologique de la nappe phréatique à partir d'une latrine.

Micro-organismes responsables du colmatage des filtres.

- **Les virus :** de nombreux virus peuvent infecter une personne et être transmis à de nouveaux hôtes à travers les fèces par voie digestive. Un gramme de fèces peut contenir jusqu'à 10<sup>9</sup> particules virales infectieuses.

Cinq groupes de virus pathogènes sont particulièrement importants sur le plan sanitaire et sont responsables de maladies telles que la poliomyélite, la méningite, l'hépatite infectieuse, etc. (Gasmi. W., et Refice. M., 2020).

#### d) Polluant physique :

La pollution physique représente les éléments solides entraînés par l'eau. Ils se subdivisent en plusieurs catégories selon leur nature et leur dimension :

**Les éléments grossiers:** leur dimension est suffisamment grande pour être retenue par de simples grilles. Dans les eaux de surface, ces éléments sont généralement les brindilles, les feuilles, les arbres...etc.

**Les sables :** les sables sont des particules minérales d'une certaine dimension. Ils sont généralement à base de silice ou de composition minérale équivalente. Leur masse spécifique est de 2,5 à 2.6 g/cm<sup>3</sup>, ce qui permet leur élimination par simple décantation (Mizi, A. 2006).

**Les matières en suspension (MES) :** les matières en suspension rencontrées dans les eaux (essentiellement superficielles) sont très diverses tant par leur nature que leur dimension. Elles sont constituées de quartz, d'argiles, de sels minéraux insolubles, de particules organiques composées de micro-organismes, et de produits de dégradation animaux ou végétaux (Marcel Dore, 2006).

### 3.2. Les principales sources de pollution

Toute modification défavorable des propriétés naturelles de l'eau (biologiques, ou physico-chimiques) est définie comme une pollution de l'eau.

Dans l'environnement, des polluants sont émis sous forme de substances dissoutes, de particules ou de gaz, qui atteignent les milieux aquatiques par les précipitations atmosphériques, le ruissellement de surface, la filtration du sol ou le déversement direct de déchets.

La pollution peut résulter de phénomènes naturels tels que des éruptions volcaniques, des épanchements sous-marins, d'hydrocarbures, ou gisements d'éléments toxiques et la présence d'une thermo-minérale (**Chibani, 2009**).

La croissance démographique et l'extension de l'agriculture, le développement des unités des développements des unités des élevages avicoles et l'utilisation des fosses septiques non contrôlées, tous sont des causes de pollution, entraînant une modification de la ressource en eau souterraine, qui s'avère de plus en plus vulnérable au changement climatique et au développement humain, et son utilisation à des fins humaines représente une menace pour la santé(**Lallemand-Barrés et Roux, 1999 ; Blundell et al., 2004 ; Atteia, 2005**).

#### **a. Pollution domestique :**

Elle provient de l'utilisation de l'eau par les habitants, on distingue les eaux de vannes (eau des toilettes), les eaux ménagères (eau de lavages). La pollution domestique est surtout organique (déchets organiques, graisses), elle peut aussi chimique (poudre à laver, détergents, produits utilisés dans les jardins...). Pollution aux pesticides pour traiter les espaces verts et les voiries, en plus des eaux usées domestiques traditionnelles, des eaux pluviales et des eaux collectives de lavage des rues, des marchés, des commerces, des bâtiments scolaires, des hôpitaux(**ONEMA**).

Les ordures ménagères accumulées dans les décharges sauvages ou non mises à la norme libèrent également des presse-agrumes riche en polluants (**Faurie .C ;Medori .P ;Ferra .C, 2003**).

La pollution domestique se caractérise par :

- De fortes teneurs en matière organique ;
- Des sels minéraux, dont l'azote et le phosphore ;
- Des détergents ;
- Des germes fécaux ; (**Bouchrit, A ; Hakimi, H, 2016**).



**b) Pollution agricole :**

Les intrants utilisés par les agriculteurs pour augmenter leurs rendements et les effluents d'élevage sont des sources de pollution des eaux lorsque la capacité de prélèvement des végétaux et d'épuration naturelle des sols est dépassée.

Les phénomènes en cause sont le lessivage et l'érosion des parcelles cultivées et le non étanchéité des bâtiments d'élevage.

- **Le phosphore** provient des effluents d'élevage et des engrais de synthèse. Il est entraîné vers les cours d'eau par ruissellement.

Les pollutions phosphorées d'origine agricole se concentrent en zone d'élevage intensif.

- **L'azote** est naturellement présent dans le sol sous forme organique.
- **Les nitrates** correspondent à une partie de l'azote qui avec le temps se minéralise sous forme lessivable. Les apports organiques de fertilisants ajoutent de l'azote qui n'est pas toujours utilisé en totalité par la végétation. Le milieu est alors contaminé.

Les nitrates étant très solubles, l'azote migre par voie souterraine. Une trop forte concentration d'azote est donc source des pollutions des eaux superficielles et des eaux souterraines.

L'azote et le phosphore sont responsables de l'eutrophisation des cours d'eau. Leur excès entraîne un développement de phytoplancton responsable de la turbidité de l'eau puis de la chute des diatomées et chlorophycées. Le plancton vient à manquer de nourriture, suivis des poissons. À cause de la consommation d'oxygène dissous par la décomposition des végétaux il y a une hausse de la mortalité des espèces et une baisse de la diversité (**Association Rivière Rhône Alpe., 2015**).

- **Les pesticides** : On désigne généralement les pesticides comme, des produits utilisés pour lutter contre les organismes portant atteinte à la santé publique ou s'attaquant à tous les stades et de toutes les manières aux ressources végétales ou animales nécessaires à l'alimentation humaine, à l'industrie ou encore à la conservation de l'environnement.

D'après leurs usages, les pesticides sont classés de la manière suivante : les insecticides, les fongicides, les nématoïdes, les rodenticides, les herbicides, les acaricides etc.

Les sources de pollution sont :

- ✚ Les industries fabricant les pesticides.
- ✚ L'utilisation des pesticides en agriculture et en santé publique.
- ✚ Le lessivage des terrains traités par les eaux de pluie (**Gasmi. W., et Refice. M., 2020**).

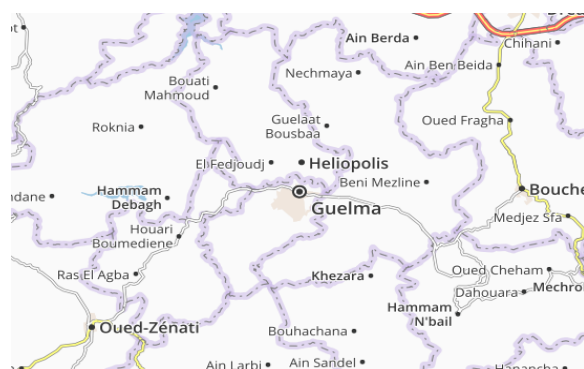
*Chapitre I.I :*

*Description de site de  
prélèvement d'eau de robinet*

## 1- présentation de wilaya de prélèvement

La wilaya de Guelma est située au Nord-est de l'Algérie à 60 km environ de la Méditerranée. Elle est limitée au Nord par la wilaya d'Annaba, au Nord-est par la wilaya d'El Tarf, au Sud-est par la wilaya de Souk Ahras et Oum-El Bouagui, à l'Ouest par la wilaya de Constantine et au Nord-Ouest par la wilaya de Skikda, Elle s'étend sur une superficie de 3686,84 Km<sup>2</sup> (D.P.A.T., 2008).

Et sur cette zone, sa population atteignait 494 079 personnes, dont 25% étaient concentrées au niveau des sièges de l'Etat, estimé fin 2009. La densité moyenne était de 132 personnes. / 2 km. Cet État a été créé en 1974 et comprend 10 districts et 34 communes.



**Figure 9** : Le plan de wilaya Guelma

Wilayat Guelma est un pôle stratégique de par sa situation géographique et est bordé par 6 états:

- Annaba au nord : Elle est à environ 60 km avec son port et son aéroport.
- Skikda Wilayat par le nord-ouest : Elle est à moins de 80 km de son port et de sa base pétrochimique.
- Constantine par l'ouest : son aéroport et sa capitale à l'est du pays sont à 100 km.
- Oum El Bouaghi en venant du sud : la porte des collines, à 120 km.
- Etat de Souk Ahras à l'est : La zone frontalière avec la Tunisie est de 70 km.
- La Wilayat d'Al-Tarf au Nord-est : L'état du port de pêche agricole et touristique à la frontière avec la Tunisie (Direction du Commerce de la Wilaya de Guelma., 2011).



Figure 10: Les 6 états qui bordent la province de Guelma.

1.1 Cadre géologique de wilaya :

La géologie de la région de Guelma est caractérisé par des formations allant du Quaternaire au Trias, présentant ainsi une lithologie très variée qui comprend essentiellement : les alluvions (sable, gravier, cailloutis,...), les grès, les marnes, les argiles, les flyschs et les calcaires. La dépression qui forme le réservoir aquifère de la vallée de Guelma est remplie par les alluvions d'âge Pli-quaternaire. Ce remplissage constitue l'ancienne et l'actuelle terrasse de la vallée de la Seybouse (Brahmia.N. et Kirratti.B, 2006).

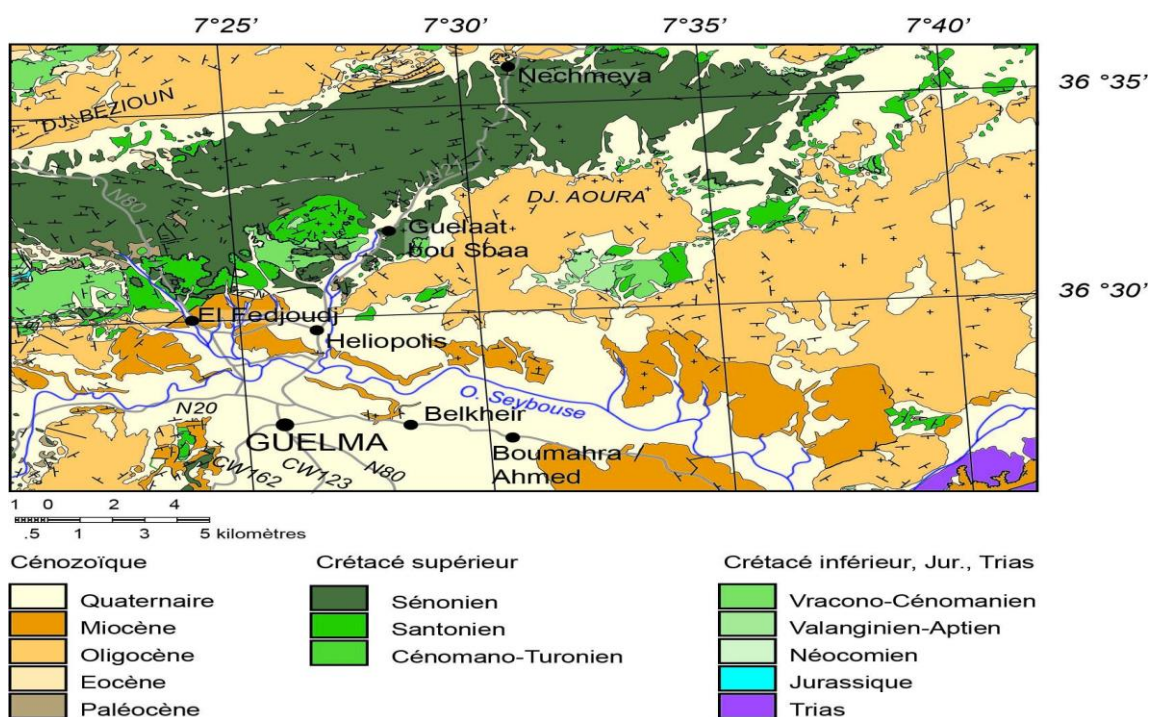


Figure 11: La carte géologique de wilaya Guelma.

Aperçu sur la stratigraphie :

Les couches les plus anciennes se situent au sud-est de la feuille, il s'agit de niveaux dont l'âge est attribué au Trias (grès, schiste, calcaire, argiles à gypse).

- Le Jurassique est quasi-absent, et n'est représenté que par des affleurements très limités de dolomies noires (sud-est, et bordure ouest de la feuille, dans la zone proche du Djebel Debar).

- Les dépôts du Crétacé inférieur sont représentés par des niveaux datés du Néocomien au Vraconien. La nature des roches diffère selon les zones : dans la nappe néritique constantinoise, les faciès indiquent une faible profondeur d'eau (niveaux à rudistes, à Orbitolines, à Miliolidés), alors qu'ailleurs (nappe de Hammam Oulad Ali, nappe du Djebel Bousba, nappe du Djebel Aoura, nappe tellienne pré-kabyle) les faciès sont caractéristiques de zones plus profondes (marnes, marno-calcaires à Ammonites). La nappe de flysch de Guerrouch se compose de grès attribué au Crétacé inférieur.

- Les dépôts du Crétacé supérieur ont un âge compris entre le Cénomaniens et le Sénonien. On retrouve la même distinction entre les zones, avec des faciès toujours superficiels dans la nappe néritique (Cénomaniens à rudistes, des Caprinidés).

- Le Cénozoïque est surtout représenté par des nappes de flyschs (de Penthivière mais surtout numidien), d'âge Oglio-Miocène (argiles, grès); et par des dépôts d'âge Miocène, abondants dans la plaine de Guelma (argiles à gypse, couches rouges à conglomérats, molasse de Guelma).

Enfin, des dépôts superficiels récents (Quaternaire) sont présents dans les zones les plus basses (alluvions, tufs et calcaires lacustres de Guelma).

L'ensemble de la zone est fortement tectonisé, avec de grands chevauchements (nappes de charriages) (Djerrab. R., 2021).

## 1.2. Etude Climatique

En Guelma, le climat est chaud et tempéré. Les mois d'hiver sont beaucoup plus pluvieux que les mois d'été en Guelma. Le climat ici est classé comme Climat méditerranéen chaud-été.

Pour étudier le climat dans l'état de Guelma, il faut voir : La température, Les précipitations, l'humidité relative, Le vent [7].

### 1.2.1. La température

A Guelma la saison très chaude dure 2,8 mois, du 19 juin au 12 septembre, avec une température quotidienne moyenne maximale supérieure à 31 °C. Le mois le plus chaud de

l'année à Guelma est *août*, avec une température moyenne maximale de 34 °C et minimale de 20 °C.

La saison fraîche dure 4,0 mois, du 23 novembre au 23 mars, avec une température quotidienne moyenne maximale inférieure à 19 °C. Le mois le plus froid de l'année à Guelma est janvier, avec une température moyenne minimale de 4 °C et maximale de 15 °C [6].

### 1.2.2. Les précipitations

A jour de précipitation est un jour au cours duquel on observe une accumulation d'eau ou mesurée en eau d'au moins 1 millimètre. La probabilité de jours de précipitation à Guelma varie au cours de l'année. La saison connaissant le plus de précipitation dure 8,9 mois, du 1 septembre au 29 mai, avec une probabilité de précipitation quotidienne supérieure à 18 %. Le mois ayant le plus grand nombre de jours de précipitation à Guelma est février, avec une moyenne de 8,1 jours ayant au moins 1 millimètre de précipitation. La saison la plus sèche dure 3,1 mois, du 29 mai au 1 septembre. Le moins ayant le moins de jours de précipitation à Guelma est juillet, avec une moyenne de 1,8 jour ayant au moins 1 millimètre de précipitation. Pour les jours de précipitation, nous distinguons les jours avec pluie seulement, neige seulement ou un mélange des deux. Le mois avec le plus grand nombre de jours de pluie seulement à Guelma est février, avec une moyenne de 8,0 jours. En fonction de ce classement, la forme de précipitation la plus courante au cours de l'année est de la pluie seulement, avec une probabilité culminant à 30 % le 3 Février[9].

### 1.2.3. L'humidité relative

L'humidité relative de l'air correspond au rapport de la tension de vapeur réelle observée à la tension de vapeur saturante à la même température. Les moyennes mensuelles de l'humidité relative varient de 70.64% en été (juillet) à 79.26% en hiver (janvier) avec une moyenne annuelle étant de 74.69% (Hamzaoui W, 2007).

### 1.2.4. Le vent

Les vents ont un effet important sur les phénomènes d'évaporation de précipitation et à un degré moindre sur les températures.

## 2. Présentation des sites d'études

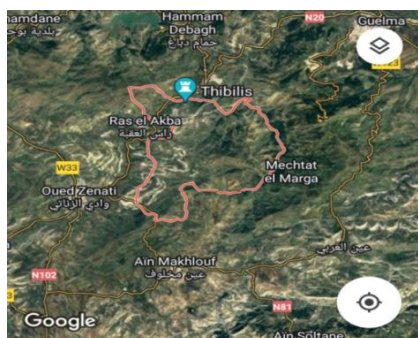
Pour contribuer à l'étude de l'évolution de la qualité bactériologique de l'eau destinée à la consommation humaine (eau du robinet), et puisqu'elle est d'usage quotidien, un contrôle strict de sa qualité microbiologique et bactériologique s'impose. C'est pourquoi nous avons effectué des tests en laboratoire sur certains échantillons d'eau potable à plusieurs endroits dans

différentes municipalités de l'état de Guelma, pour analyser sa qualité, sa potabilité et sa pollution.

La wilaya de Guelma située au nord-est de l'Algérie à 60 km environ de la Méditerranée. Elle est limitée au Nord par la wilaya d'Annaba, au Nord-Ouest par la wilaya de Skikda, au Nord-est par la wilaya d'El Tarf, à l'Ouest par la wilaya de Constantine, au Sud-ouest par Oum-El Bouagui et au Sud-est par la wilaya de Souk Ahras. Elle comprend 10 Daïras et 34 communes (DPAT, 2008).

Ci-dessous, nous allons présenter nos sites d'étude :

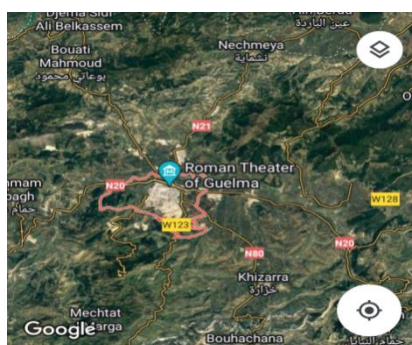
- La station1 « SellaouaAnnouna » : est un village situé au sud-ouest de Ain Amara, et au nord-est de Ras El Agba.
- La station2 « Nechmaya » : est une commune de la wilaya de Guelma en Algérie, située à l'ouest de BirOualaa.
- Lastation 3 « Guelma ville ».



**Figure 12:** La zone 1 « SellaouaAnnouna » (Google Maps, 2002)



**Figure 13:** la zone 2 « Nechmaya » (Google Maps, 2002).



**Figure 14:** la zone 3 « Guelma ville » (Google Maps, 2022).



*Chapitre I.I.I.:*

*Matériel et Méthodes*



## 1. Analyse des eaux

### 1.1. Choix de station de prélèvement

Pour évaluer la qualité bactériologique de l'eau potable dans la wilaya de Guelma, nous avons procédé à des analyses et des tests sur des échantillons prélevés aux robinets d'eau potable en différents points de cette wilaya.

- SellaouaAnnouna : de l'eau légèrement trouble et de l'eau de javel y est ajoutée.
- Nechmaya : eau claire, mais elle contient du calcaire, ainsi que de l'eau de javel parfois.
- Guelma ville : eau contenant de l'eau de javel.

### 1.2. Prélèvement

Le mode de prélèvement varié suivant l'origine de l'eau à analyser, 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 (**Guiraud, 1998**).

Avant l'usage, ces flacons doivent être soigneusement lavés, puis rincés avec une eau déminéralisée car il ne doit rester aucune trace d'un éventuel détergent ou antiseptique. La manipulation et le même pour les bouchons. Par la suite les flacons sont séchés à l'abri de l'air puis bouchés (**Oughidni et Sebti, 2015**).

Pour éviter les risques de contamination, les flacons d'échantillonnages ne doivent être ouverts qu'au moment du prélèvement. Une fois d'échantillon est prélevé, les flacons doivent être fermés hermétiquement jusqu'au moment de l'analyse (**Bouchair et Benalia, 2015**).

Le prélèvement d'un échantillon est une opération délicate, à laquelle le plus grand soin doit être apporté. Pour ce faire, il doit satisfaire aux conditions ci-dessous :

- Les échantillons doivent être homogènes et représentatifs ;
- Les échantillons doivent être recueillis, conservés et expédiés dans des flacons stérilisés adéquats s'il s'agit d'analyse bactériologique ;
- Le volume recueilli, doit être suffisant pour permettre une analyse précise ;
- Tous les renseignements utiles sur les échantillons doivent être indiqués et le flacon doit être étiqueté correctement pour éviter les erreurs (**Rodier et al, 2009**).

Dans le cas de prélèvement à un robinet (comme c'est le cas chez nous), il est indispensable d'attendre que l'eau en stagnation dans les canalisations soit éliminée, si le but est le contrôle de l'eau distribuée. En pratique, il convient d'ouvrir le robinet à un débit maximum pendant 5

à 10 secondes puis de le ramener à un débit moyen pendant 2 minutes. Par contre, si le but de l'analyse est de contrôler la concentration de certains éléments rélargies par la canalisation, tels que zinc, plomb, cuivre, il convient de laisser l'eau stagner dans celle-ci pendant toute la nuit et de prélever l'eau immédiatement à l'ouverture du robinet (**Rodier et al, 2009**).

Pour l'exploitation des résultats tout en évitant les erreurs et faciliter le travail, il est essentiel que les échantillons soient clairement étiquetés immédiatement et que les prélèvements et que les étiquettes soient lisibles (**Rodier et al, 1996**).

Chaque flacon doit porter une étiquette indiquant :

- Nom de l'opérateur qui a effectué les prélèvements ;
- Site de prélèvement ;
- Lieu et la nature ;
- Mode de prélèvement (ponctuel ou moyen 24 heures, proportionnel au débit ou au temps) ;
- Date et heure (du débit de prélèvement) et durée ;
- Des informations sur une éventuelle technique de conservation de l'échantillon[10].

### 1.3. Transport et conservation

Les échantillons soigneusement étiquetés sont placés dans une glacière à 4°C et transportés ensuite au laboratoire. Il faut utiliser une boîte isotherme muni d'élément réfrigérant dont la température doit être comprise entre 4 à 6°C, si le transport doit dépasser une heure, tandis que l'analyse bactériologique doit commencer dans un délai maximum de 8 heures après le prélèvement de l'échantillon (**Rodier et al, 1996**).

Toutes les analyses sont effectuées le plus rapidement possible, pour éviter la teneur initiale en germes des eaux ne risquent de subir des modifications dans le flacon. L'évolution est difficile à prévoir et dépend de nombreux facteurs : température, concurrence bactérienne des espèces présentes, composition chimique de l'eau (**Rodier et al, 2005**).

#### Analyses effectués :

##### 1.3.1. Analyses bactériologique :

Les études menées ont démontré entre autre que la survie des virus dans les eaux souterraines est plus importante que celle des indicateurs bactériens (**Keswish et al, 2000 ; Majdoub et al, 2003**).

Le contrôle de la qualité microbiologique de l'eau repose sur la recherche d'indicateur de contamination fécale, qui est la contamination bactérienne la plus répandue. Elle est suivie par la présence d'une bactérie témoin : l'Escherichia-coli, germe habituel de la flore intestinale des animaux et des hommes, qui se répand dans les matières fécales. La présence d'E-coli dans l'eau révèle une contamination fécale (**Rodier, 2006**).

Les méthodes d'analyse bactériologiques de l'eau sont l'étude de la variation de la population bactérienne globale, le dénombrement et la recherche des bactéries d'origine fécale et la recherche des bactéries pathogènes (**Guiraud, 1998**).

Fondamentalement, les analyses bactériologiques sont des analyses d'indicateurs de pollution dans les eaux naturelles, indicateurs d'efficacité de traitement dans une eau traitée (**Rodier et al, 2009**).

Cette analyse est importante car la qualité bactériologique d'une eau n'est pas un paramètre stable, mais au contraire sujet à fluctuation, par pollution accidentelle, nécessitant des contrôles permanents et représentant la cause la plus fréquente de non potabilité de l'eau appareils. L'objectif de l'analyse bactériologique de l'eau n'est pas de faire l'inventaire de toute les espèces existantes, mais de recherche soit celles qui sont susceptibles d'être pathogènes soit ce qui est souvent plus aisé, celles qui les accompagnent et qui sont en plus grand nombre souvent présentes dans l'intestin des mammifères e sont par leur présence indicatrices d'une contamination fécale et donc des maladies associées à la contamination fécale. On peut noter que l'absence de contamination fécale na laisse en rien présager l'absence d'espèce potentiellement pathogène [11].

#### **1.3.1.1. Recherche et dénombrement des germes revivifiables**

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 dénombrement des germes revivifiables 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 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  $68 \pm 4$ h.

- 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 (**Carbonnelle et al, 1998**).

❖ **Mode opératoire :**

- ✓ A partir d'une solution mère (l'eau à analyser), porter aseptiquement deux fois 1 ml dans boîtes de pétri vides préparées et numérotées à l'avance pour cet usage.
- ✓ Compléter ensuite chacune des boîtes avec environ 20 ml de gélose TGEA fondue, puis refroidie et maintenue à 45°C.
- ✓ Faire ensuite des mouvements circulaires et de va et vient en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose, sans faire de bulle d'air et sans mouiller les bords de la boîte.
- ✓ Laisser solidifier sur pailleasse, puis ajouter une deuxième couche d'environ 5 ml de la même gélose (TGEA). Cette double couche a un rôle protecteur contre les contaminations diverses.
- ✓ Retourner les boîtes et incuber le premier lot à 37°C pendant 48 heures et le second à 22°C pendant 72 heures (**Labres et al, 2006 ; Bouchaala, 2009 ; Merzoug, 2009**).

❖ **Lecture :**

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

- Première lecture à 24 heures ;
- Deuxième lecture à 48 heures ;
- Troisième lecture à 72 heures ;

❖ **Dénombrement :**

Les germes revivifiables se présentent dans les deux cas sous forme de colonies lenticulaires poussant en masse. Pour le dénombrement de ces derniers, on prend en considération les remarques suivantes :

Les résultats sont exprimés en unités formatrices de colonies (UFC) par ml d'eau à analyser à 22°C et 37°C.

Il s'agit de dénombrer toutes les colonies, en tenant compte de la remarque suivante :

Dénombrer les boîtes contenant entre 30 et 300 colonies.

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

Calculer ensuite la valeur du nombre N, de micro-organismes revivifiables à  $22 \pm 2^\circ\text{C}$  part et celle du nombre N de micro-organismes revivifiables à  $36 \pm 2^\circ\text{C}$  à part, en tant que moyenne pondérée, à l'aide de l'équation suivante :  $N = \frac{\sum c}{1,1 \times d}$

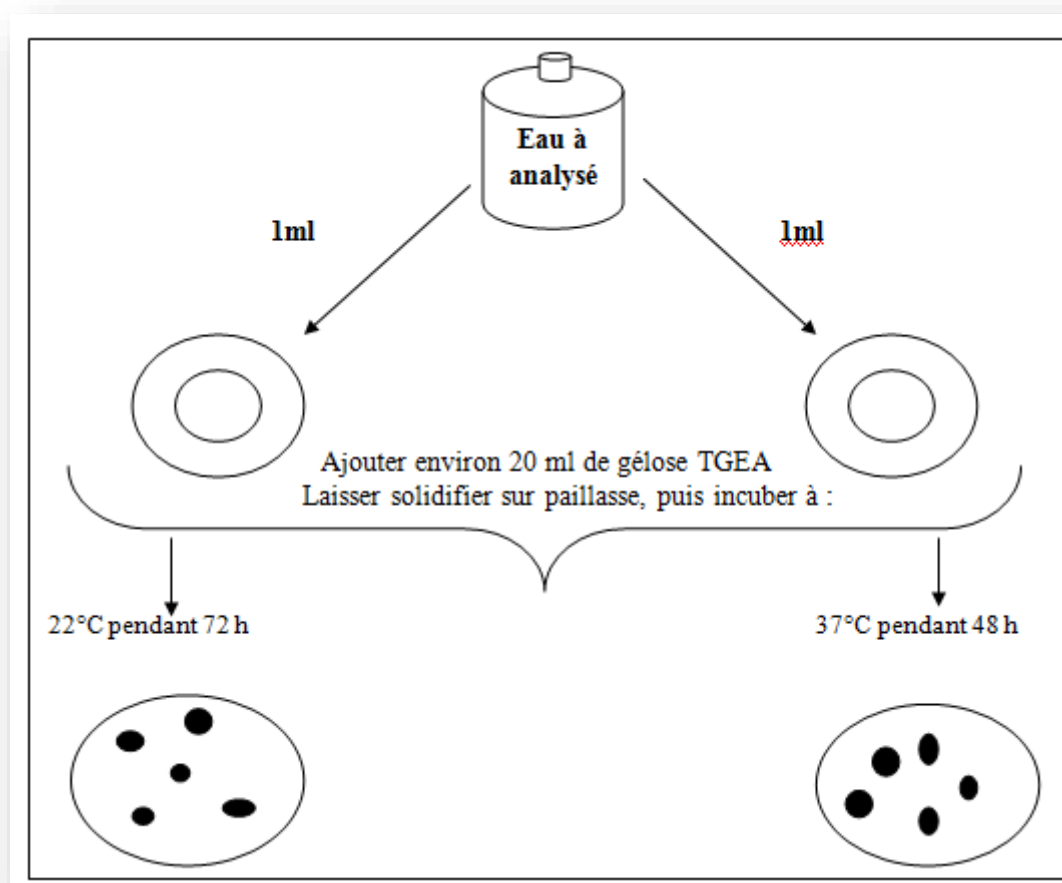
Où :

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

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

Arrondir les résultats calculés à deux chiffres significatifs après la virgule. Le résultat final de micro-organismes revivifiables dénombrés à  $22^\circ\text{C}$  et  $37^\circ\text{C}$  par ml d'eau est noté par un nombre compris entre 1,0 et 9,9 multiplié par  $10^x$  où x est la puissance appropriée de 10.

Exprimer les résultats en unité formant colonie (UFC) (Rodier, 2009 ; Labres et al, 2008).



**Figure 15 :** Recherche et dénombrement des germes revivifiables à  $22^\circ\text{C}$  et à  $37^\circ\text{C}$  (Lebres et Mouffok, 2008).

### 1.4.1.2. Recherche et dénombrement des germes indicateurs de contamination fécale

#### a. Recherche et dénombrement des coliformes, coliformes thermo tolérantes E. coli :

Les coliformes totaux (CT) appartiennent à la famille des Entérobactéries ; ce sont des microorganismes en forme de bâtonnets, non sporogènes, à gram négatif, ne possédant pas d'oxydase, aérobies ou anaérobies facultatifs (EIBlidi et al, 2006). Capables de croître en présence de sels biliaire, ou autres agents de surface ayant des propriétés inhibitrices de croissance analogues et capables de fermenter le lactose avec production d'acide (ou d'aldéhyde) et de gaz en 24 à 48 heures à la température de 37°C (Merzoug, 2009).

Les coliformes fécaux (CF), ou coliformes thermo tolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux (CT) capables de fermenter le lactose à une température de 44°C et qui donne un résultat positif à l'essai au rouge de méthyle. Dans certains tests, l'activité de B-D-galactosidase est utilisée pour détecter les CF ils sont considérés comme plus appropriés comme indicateurs de contamination fécale que les CT. Ce groupe est majoritairement constitué d'*Escherichia coli* mais comprend aussi des *Klebsiella*, des *Enterobacter* et des *Citrobacter* (Labres et al, 2008).

La recherche et le dénombrement des coliformes et l'identification d'*E. coli* ont été effectués par la méthode de nombre le plus probable (NPP) appelée aussi la colimétrie.

#### ❖ Mode opératoire :

La recherche et dénombrement des bactéries coliformes, coliformes thermo-tolérants et des *Escherichia coli* dans les eaux, en milieu liquide par la technique du NPP, se fait en deux étapes consécutives :

- Le test de présomption : réservé à la recherche des coliformes.
- Le test de confirmation : réservé à la recherche des coliformes thermo-tolérants avec l'identification d'*Escherichia coli* (Labres et al, 2008).
- **Test présomption :**
  - ✓ 3 tubes BCPL D/C (bouillon lactose au pourpre de bromocrésol, double concentration) munis d'une cloche de Durham avec 10 ml de l'échantillon.
  - ✓ 3 tubes BCPL S/C (bouillon lactose au pourpre de bromocrésol, simple concentration) munis d'une cloche de Durham avec 1 ml de l'échantillon.
  - ✓ 3 tubes BCPL S/C avec 0.1 ml de l'échantillon (Délarras, 2008).

**❖ Lecture**

- Après l'incubation (48 h à 37°C), les tubes considérés comme positif montrent un dégagement gazeux et un aspect trouble avec virage du milieu en jaune. Ces deux caractères représentent le témoin de la présence des coliformes totaux.
- La lecture se fait selon la table du Mac Grady par la méthode (3.3.3) pour déterminer le nombre le plus probable (N.P.P) de coliforme totaux par 100 ml d'échantillon (**Bourgeois, 1980 ; Leclerc, 1983**).
- **Test de confirmation** : (test de Mac Kenzie) est utilisé pour la recherche de coliforme thermotolérants et surtout la présence d'Escherichia coli.

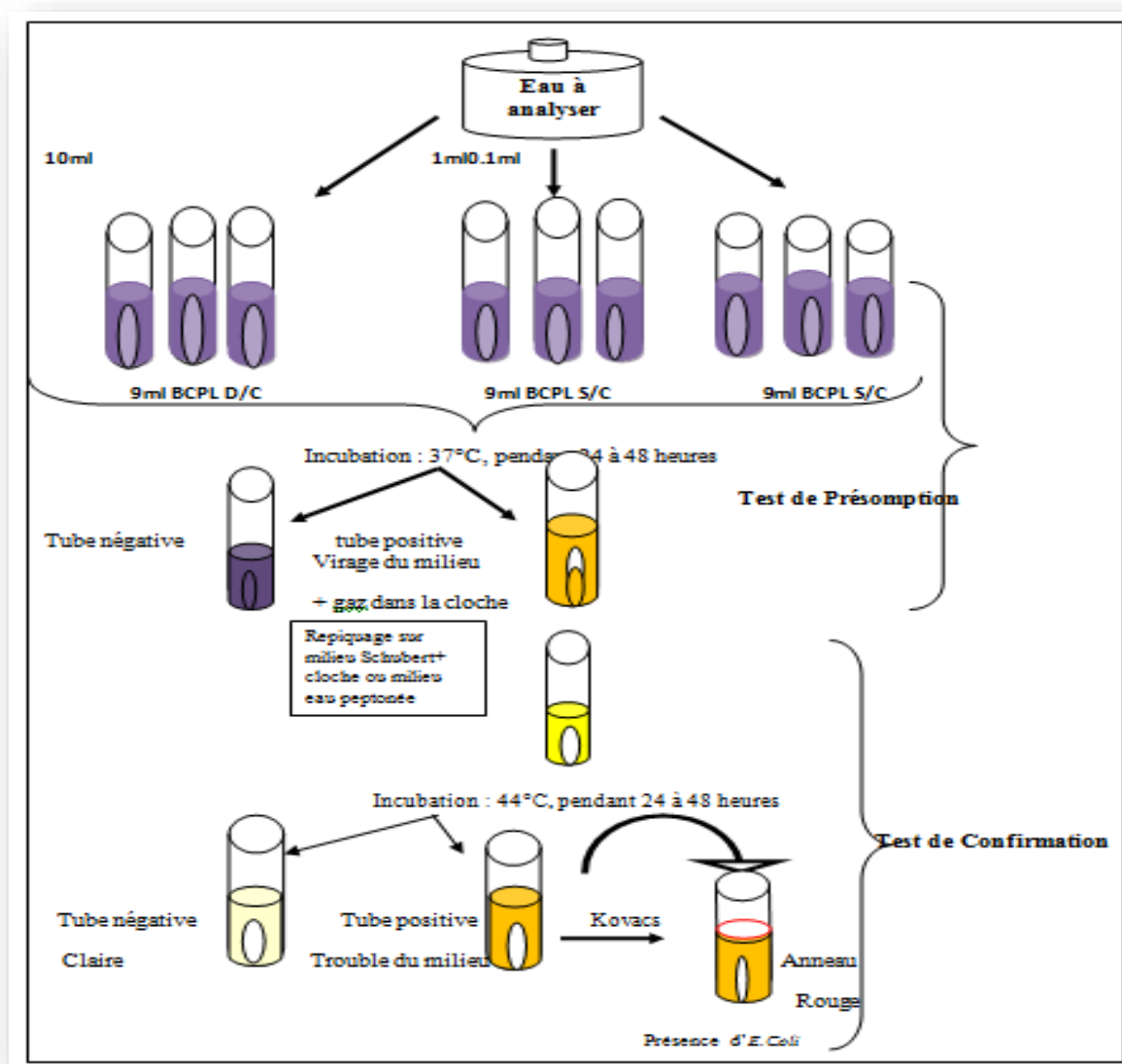
**❖ Mode opératoire :**

- ✓ Les tubes trouvés positif précédemment sont repiqués (deux à trois gouttes) dans un tube contenant le milieu Schubert (ou bien eau peptone exempte d'indole) muni d'une cloche de Durham ;
- ✓ L'incubation se fait à une température de  $44^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  pendant 24 heures ;
- ✓ Pour les tubes présentant à la fois un trouble et un dégagement gazeux ajouter quelques gouttes de réactif Kowacks.

**❖ Lecture :**

La formation d'anneau rouge à la surface du tube indique que la réaction est positive et révèle la présence des coliformes fécaux (E. coli) ;

La lecture finale se fait selon la table de Mac Grady par la méthode pour déterminer le nombre le plus probable (N.P.P) de coliforme fécaux dans 100 ml d'échantillon.



**Figure 16:** Recherche et dénombrement des coliformes totaux et les coliformes thermo tolérants (Lebres et Mouffok, 2008).

#### b. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux :

Cette méthode consiste à la recherche des streptocoques fécaux ou streptocoques du groupe D ; se présentent sous forme de cocci à Gram (+), formant quand ils sont cultivés en milieu liquide des diplocoques et/ou des chainettes, de catalase (-), immobile, anaérobie facultative, non sporulant et possédant de l'antigène de groupe D. Ils produisent de l'acide lactique par fermentation du glucose et sont anaérobies – aéro-tolérants (Engelkirk, 2008).





**Figure 17:** Streptocoques fécaux.

○ **Test de présomption :**

❖ **Mode opératoire :**

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

- 3 tubes milieu Rothe D/C avec 10 ml de l'échantillon.
- 3 tubes Rothe D/C avec 1 ml de l'échantillon.
- 3 tubes Rothe S/C avec 0.1 ml de l'échantillon.

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

❖ **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.

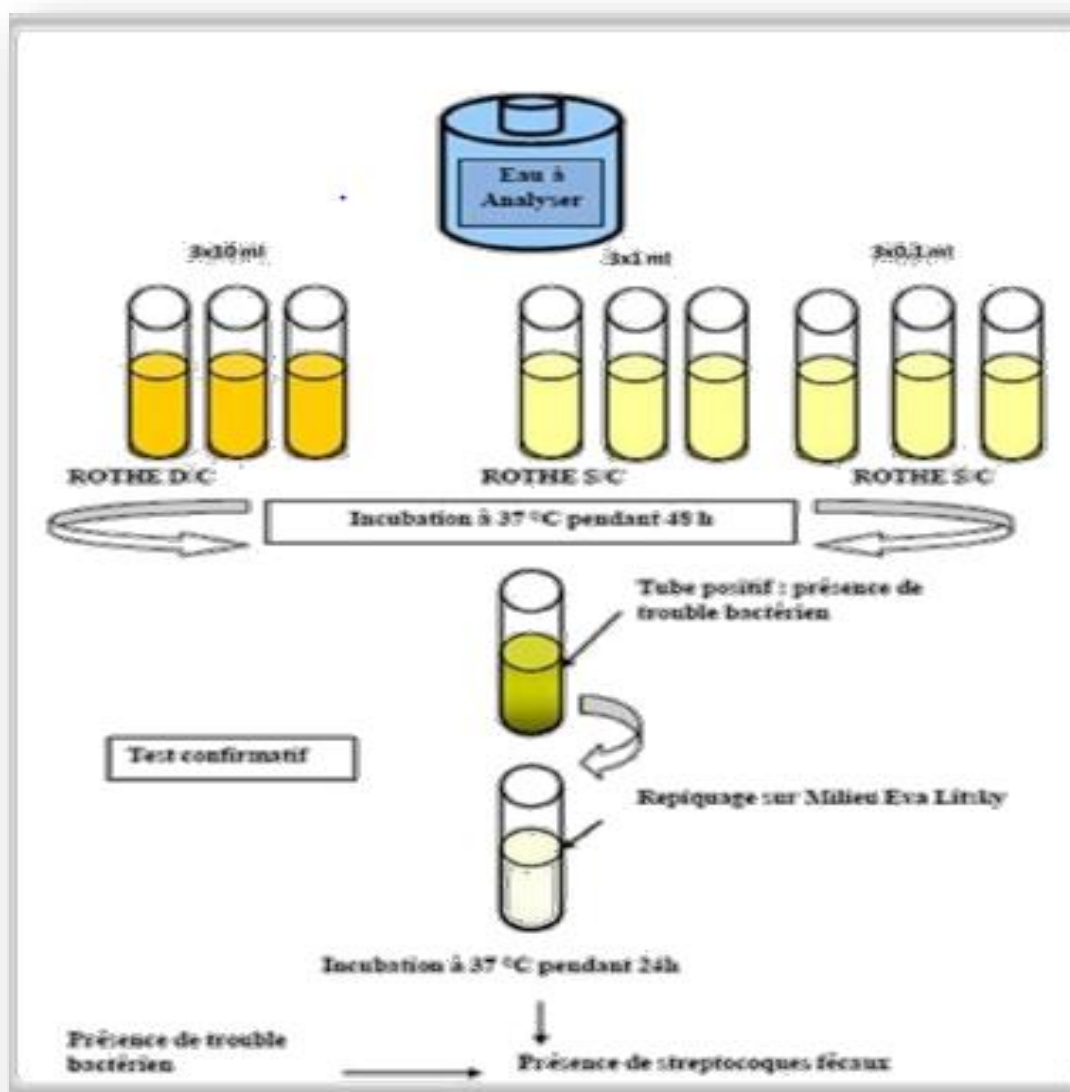
○ **Test de confirmation :**

Le test de confirmation est basé sur l'affirmation 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 donc faire l'objet d'un repiquage dans un tube contenant le milieu Eva Litsky (Figure 18). Bien mélanger le milieu et l'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures.

❖ **Lecture :**

Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois : Un trouble microbien. Une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes.

La lecture finale se fait selon les règles de la table du NPP de Mac Gardy, le nombre de streptocoque fécaux sont par 100 ml de l'eau analysé.



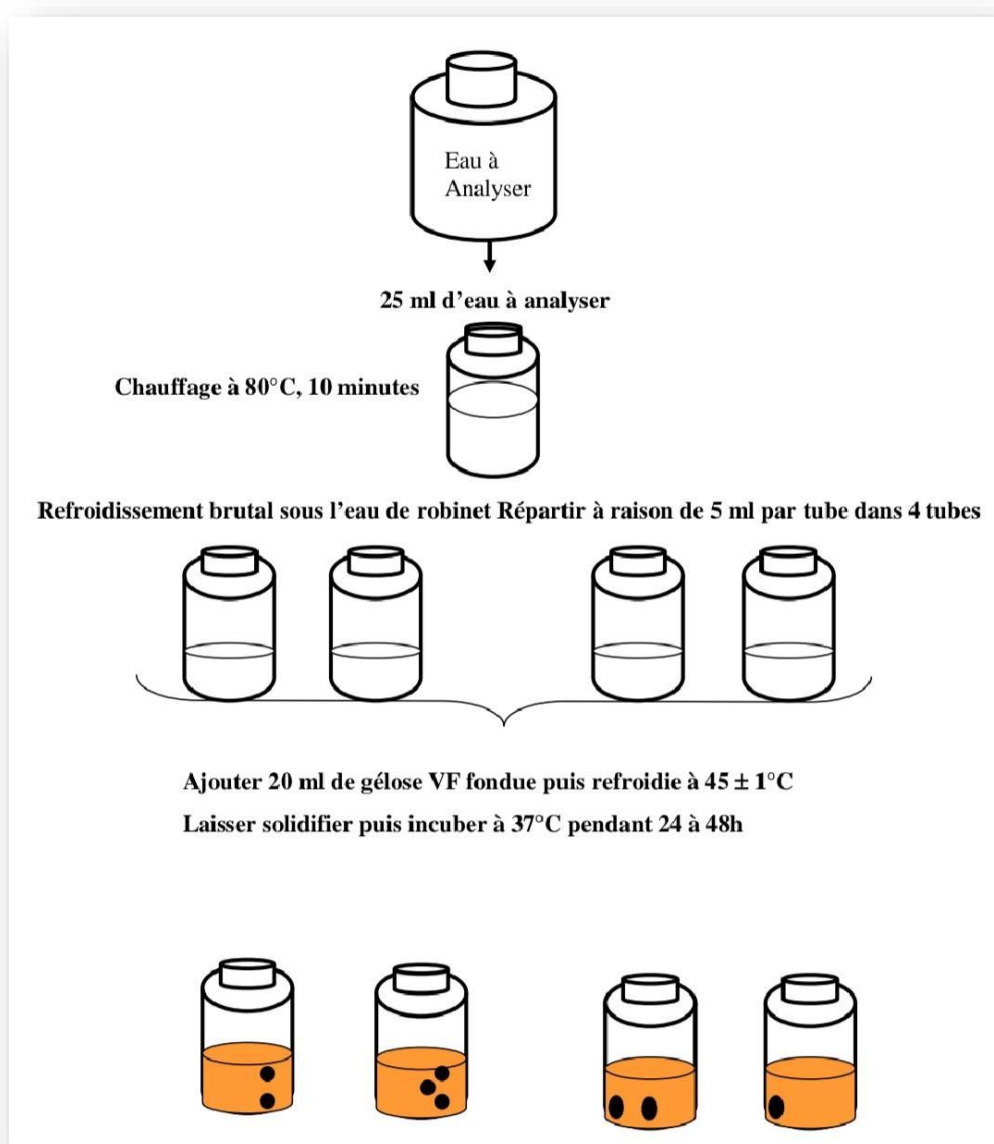
**Figure 18:** Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux.

### c. Recherche et dénombrement des bactéries anaérobies sulfito-réductrices (ASR) :

Les bactéries anaérobies sulfito-réducteurs se présentent sous forme de bacilles Gram positif, ils sont anaérobies strictes, capables de sporuler et résistent longtemps dans l'environnement ; se développent à une température de  $36 \pm 2$  °C en 24 à 48 heures sur un gélose viande foie en donnant des colonies typiques réduisant le sulfite de sodium ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de  $\text{Fe}^{+2}$  donne  $\text{FeS}$  (sulfure de fer) de couleur noire) (Lebres, 2002).

**❖ Mode opératoire :**

- ✓ A partir de l'eau à analyser, introduire 25 ml dans un tube stérile et placer celui-ci dans un bain d'eau à 80°C pendant 10 minutes dont le but de détruire toutes les formes végétatives de ces bactéries éventuellement présentes, puis refroidir immédiatement le tube.
- ✓ Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 4 tubes stériles, à raison de 5 ml par tube.
- ✓ Ajouter à chaque tube 20 ml de gélose Viande Foie (VF) fondue, puis refroidir à  $45 \pm 1^\circ\text{C}$ , additionnée ensuite une quantité de 1 ml de la solution de sulfite de sodium et 4 gouttes de la solution d'alun de fer.
- ✓ Mélanger doucement en évitant les bulles d'air l'introduction d'oxygène. Laisser solidifier sur paille pendant 30 minutes environ, puis incubé à 37°C, pendant 24 à 48 heures (**Lebres, 2005**).
- ✓ Ce dernier est exprimé en nombre de spores pour 20 ml d'échantillon.



**Figure 19:** Recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices.

#### d. Détermination de l'origine de la contamination fécale :

La Quantité de coliformes fécaux par rapport à *Streptococcus fécales* (CF/SF) c'est L'origine de la contamination fécale.

Lorsque le rapport  $\text{FC/SF} > 4$ , la norme de pollution humaine (élimination des eaux usées) (**Borrego et Romero, 1982**).

Et lorsque  $\text{CF/SF} < 0,7$ , la source de pollution est animale, notamment bovine, et ovine en particulier semble jouer un rôle majeur dans la pollution de l'eau (**Galdrieh, 1976**).

### 1.4.2.1. Recherche des germes pathogènes

Il existe des bactéries pathogènes pour l'homme dans tous les types d'eaux. Celles-ci vivent dans l'environnement, soit provenant des rejets humains, éliminées par des sujets malades ou des porteurs sains, soit étant autochtones et pouvant s'adapter à l'homme (**Rodier, 2009**).

Les germes recherchés sont choisis, dans les limites des moyens disponibles. Les germes recherchés sont *Staphylocoques*, *Shigella*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella* et *vibriocholoréque*.

Les milieux utilisés sont : Mac Conkey, Hektoen, milieu *Salmonella-Schigella*(SS), chapman, citrimide, et GNAB. L'inoculum prélevé directement 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.

#### a. Recherche des Staphylocoques

Sont des bactéries sphériques à gram positif présent dans des grappes microscopiques ressemblant à des raisins, en 1884, Rosenbach décrit les deux types de colonie pigmentées de staphylococcus et propose la nomenclature appropriée : staphylococcus aureus (jaune) et albus (blanc). Cette dernière espèce est maintenant nommée staphylococcus epidermidis.

#### ❖ Mode opératoire :

- ✓ Dans un bain marie faire fondre un flacon de gélose chapman ;
- ✓ Mettre environ 15ml de gélose chapman dans un boit pétri dans la zone stérile ;
- ✓ Laisser le milieu 10 minutes sur la palliasse pour se solidifier ;
- ✓ A partir de la solution mère et à l'aide d'une anse de platine stérile, ensemer une boîte de milieux chapman ;
- ✓ Incuber à 37 °C pendant 24h-48h ;

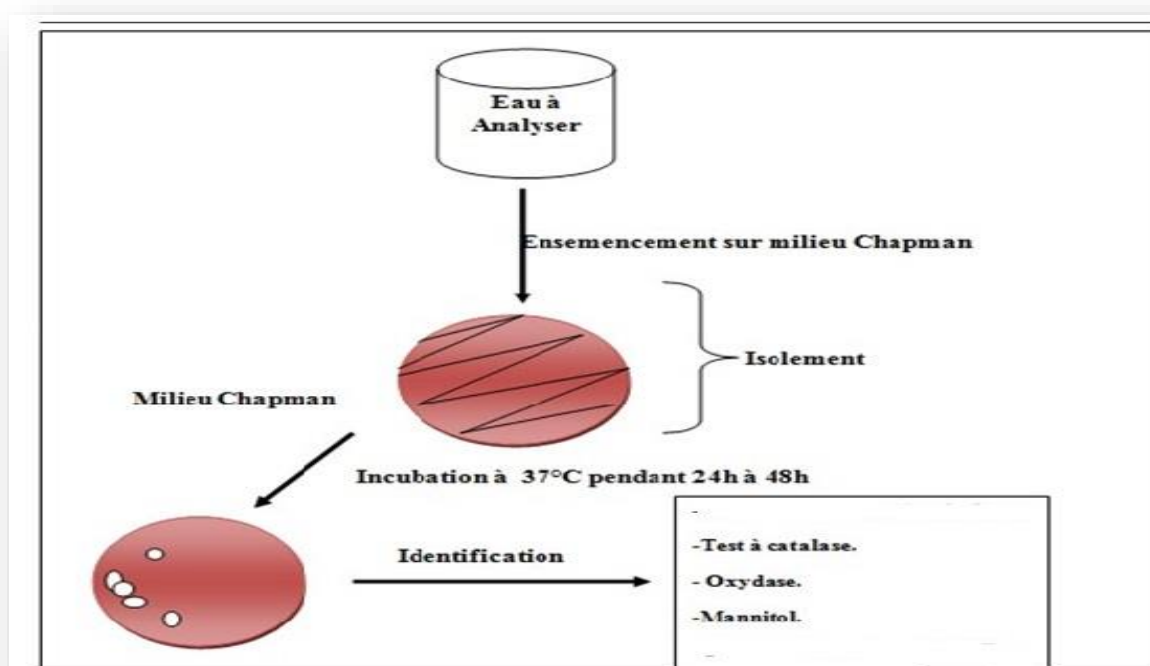
#### ❖ Isolement :

Le milieu Chapman permet l'isolement sélectif de Staphylococcus sur la base d'une tolérance à La forte teneur en NaCl, et la différenciation de l'espèce Staphylococcus aureus par la mise en évidence de la dégradation du mannitol (**Marchal, 1982**).

A partir de la solution mère, on enseme par des stries toute la surface une boîte de pétri contenant le milieu Chapman. Par la suite, la boîte est incubée à 37°C pendant 24 h (**Rodier, 2005**).

Après test d'oxydase, catalase, et mannitol.

- **Test catalase** : Une goutte d'eau oxygénée plus une colonie prélevée du milieu Chapman. Déposer sur une lame et le dégagement immédiat de bulles gazeuses ce traduit par la présence d'une catalase (Marchal, 1982).
- **Test oxydase** : on pose un disque oxydase à la lame dans le biote pétri et ajoute des gouttes d'eau distillée plus échant sur le disque, la couleur change donc positif.



**Figure 20:** Recherche et identification du staphylocoque pathogène (*S. aureus*) (Lebres et Mouffok, 2008).

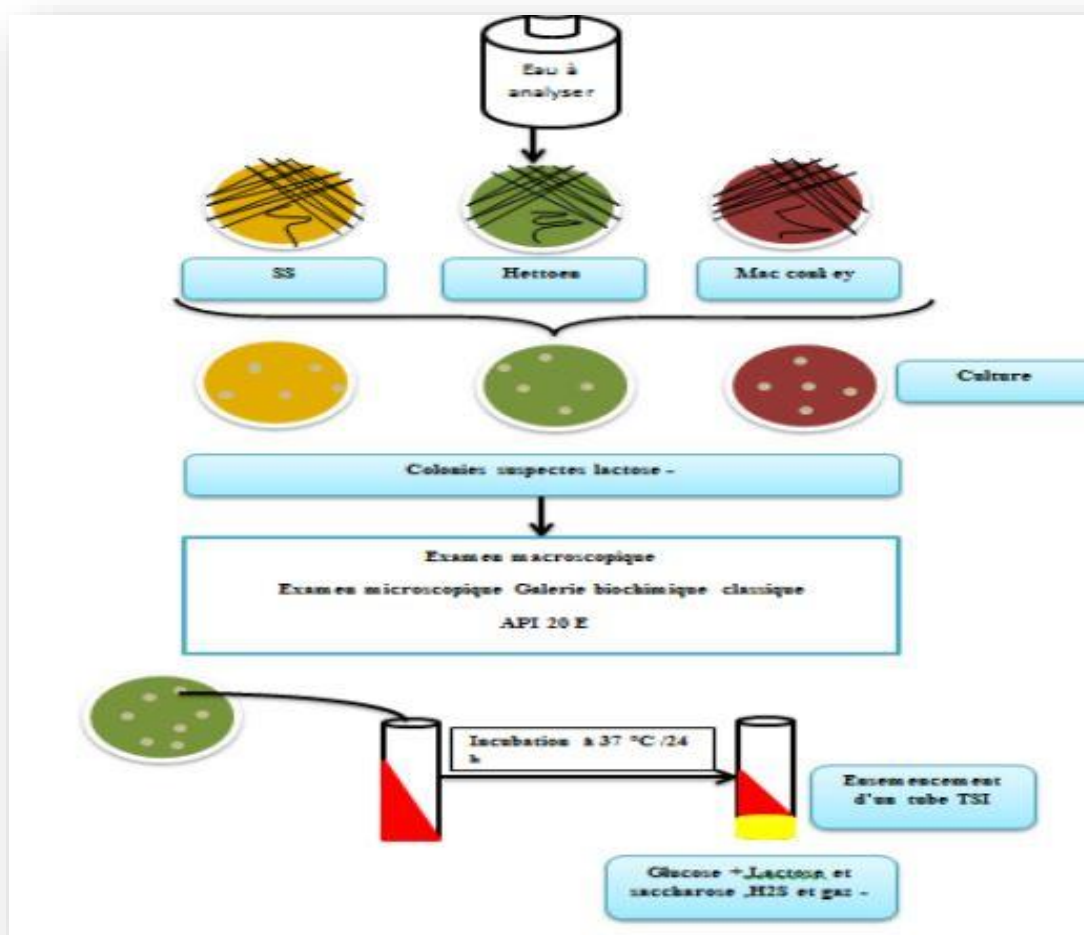
### b. Recherche de *shigella*

*Shigella*, qui appartient à la famille des Enterobacteriaceae, est un bacille pathogène gram négatif, il s'agit d'une bactérie anaérobie facultative non mobile et encapsulée, qui ne fermente pas le lactose ou le fermente lentement (moleculespathogenesis of *shigella*)

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

## ❖ Culture

Pour chercher les *Shigella*, à partir de l'échantillon mère (2 gouttes) ensemencer sur la surface des milieux géloses Hektoen, SS et Mac Conkey par la méthode des quatre quadrants. L'incubation se fait à 37°C, pendant 24 à 48 heures (Abdellaoui et al, 2012).



**Figure 21:** Protocole de la recherche et dénombrement de *shigella*.

### C. Recherche de *Pseudomonas aeruginosa*

*Pseudomonas aeruginosa* est une bactérie de la famille des pseudomonadaceae en forme bâtonnet, mesurant de 0.5-1µm. Cette bactérie métabolise une grande variété de composés organiques et est résistante à plusieurs antibiotiques et désinfectants (OMS, 2006).

Le genre *Pseudomonas* est fait de bacilles Gram négative, droit en fins, aux extrémités arrondies, mobiles par cils polaires produisant les pigments de fluorescéine et de pyocyanine, aérobies stricts, oxydase positive. *Pseudomonas aeruginosa* est mésophile tandis que la majorité des espèces sont psychrotrophes (Nauciel et Jean-Louisa, 2005).

*P. aeruginosa* est une bactérie pathogène opportuniste qui est très répandue dans l'environnement. On la retrouve dans les eaux, la végétation et le sol. Cette bactérie est reconnue pour sa capacité à former ou à se joindre au bio film déjà existant (**Bédard et al., 2016**).

#### ❖ Mode opératoire

- ✓ Dans un bain marie faire fondre un flacon de gélose cétrimide ;
- ✓ Mettre environ 15ml de gélose cétrimide dans un boîtier pétri dans la zone stérile ;
- ✓ Laisser le milieu 10 minutes sur la paille pour se solidifier ;
- ✓ A partir de la solution mère et à l'aide d'une anse de platine stérile, ensemer une boîte de milieu cétrimide ;
- ✓ Incuber à 37 °C pendant 24h ;

#### ❖ Identification

Considérer comme colonie caractéristique toute colonie présentant une fluorescence. Du fait de la sélectivité du milieu Cétrimide, on peut suspecter les colonies présentes d'être *Pseudomonas*. Dans tous les cas, il faudra réaliser une identification de l'espèce.

#### ❖ Isolement

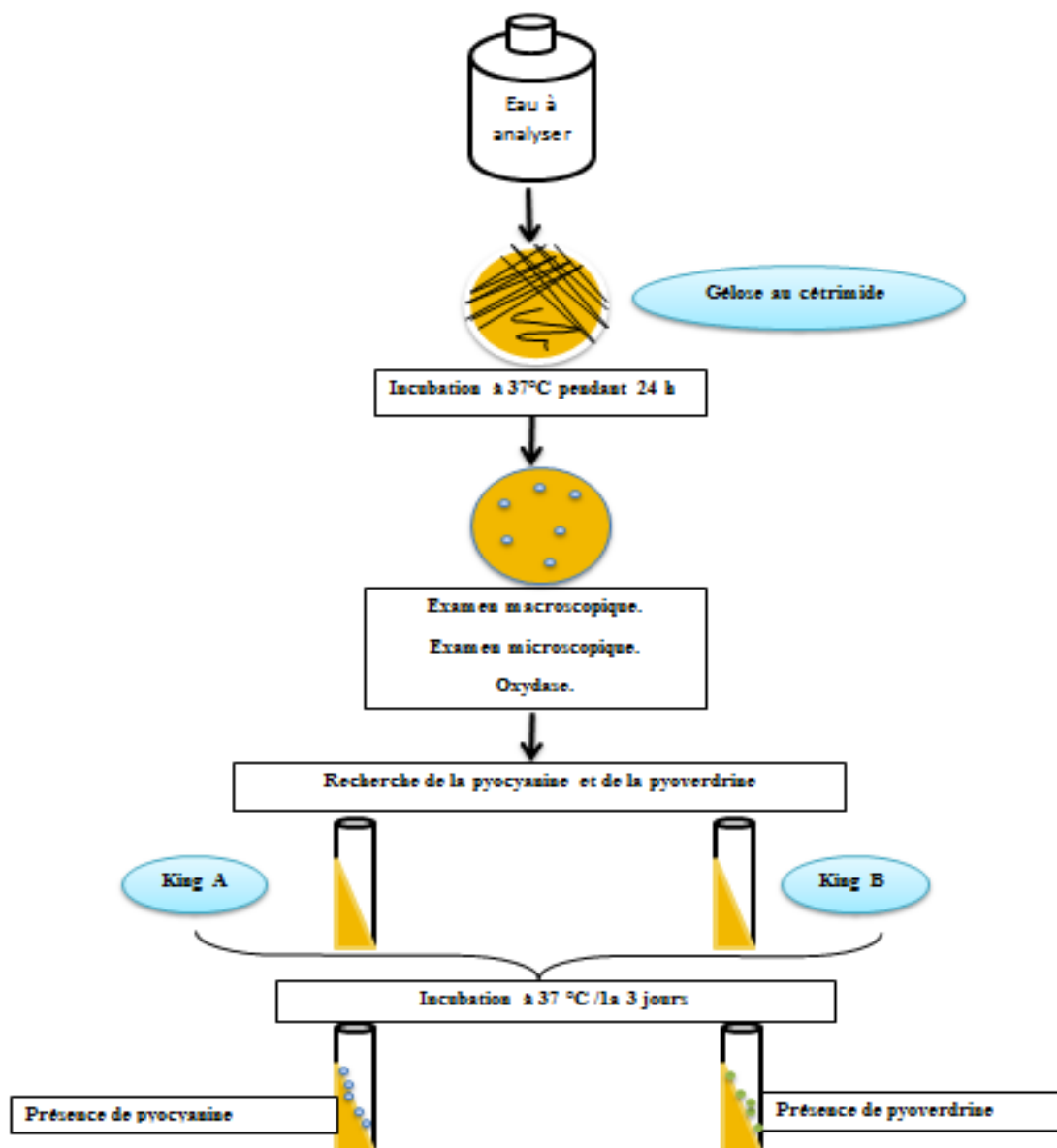
L'isolement des *Pseudomonas* fait directement d'eau à analyser sur la gélose cétrimide par la méthode de quatre quadrants, l'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures (**Rejesk, 2002**). Après l'incubation, l'ensemencement fait sur la surface de milieu de

Culture King A et King B. L'incubation des milieux à 37°C pendant 24 heures (**Pil et al., 1987 ; Rouaiguia, 2010**).

Sur le milieu King A se fait la recherche de la pyocyanine, pigment bleu caractéristique de *Pseudomonas aeruginosa* responsable de la teinte bleue intense des milieux de culture.

Alors que la recherche de la pyoverdine se fait sur King B. C'est une teinte vert fluorescente se trouve chez *P. fluorescens* (**Lebres et Mouffok, 2008**).





**Figure 22:** Protocole de recherche de *Pseudomonas aeruginosa* (Abdellioui et al, 2012).

#### d. Recherche de *salmonella*

On entend par *Salmonella*, des bactéries qui se présentent sous forme de Bacille Gram négatif et qui se développe à température de  $36 \pm 2^\circ\text{C}$  en 24 à 48 heures, sur milieu Hektoen, forme de petites colonies, lisses à contours réguliers, pigmentées en vert ou en bleu vert à centre noir.

*Salmonella* se divisent en deux grands groupes : les mineures et les majeures qui sont hautement pathogènes (Pechère et al, 1982 ;Carbonnelle, 1988).

Les *Salmonella* sont des entérobactéries qui se présentent sous forme de bacilles Gram Négatif (-), ne fermentant pas le lactose mais du glucose avec production de gaz et de H<sub>2</sub>S.

(Pechère et al, 1982).

❖ **Mode opératoire :**

L'isolement des *Salmonella* se réalisent en passant par deux étapes d'enrichissement

- **Premier Enrichissement** Introduire 1 ml de l'échantillon d'eau à analyser dans 10 ml de Sélénite Cystéine (SFB) en double concentration (Ait Hamlet, 1998) puis incubé à 37 °C pendant 18 à 24 heures (Lebres, 2002).
- **Deuxième Enrichissement et isolement :**  
Ce flacon fera l'objet d'un isolement sur gélose SS (Lebres, 2002). L'incubation se fait donc à 37°C pendant 24 h.
- **Lecture des boîtes et identification :**  
la boîte de gélose SS subira une lecture, en tenant compte du fait que les *Salmonella* se présentent le plus souvent sous forme de colonies de couleur gris bleu (des fois verte) à centre noir (Lebres, 2002).

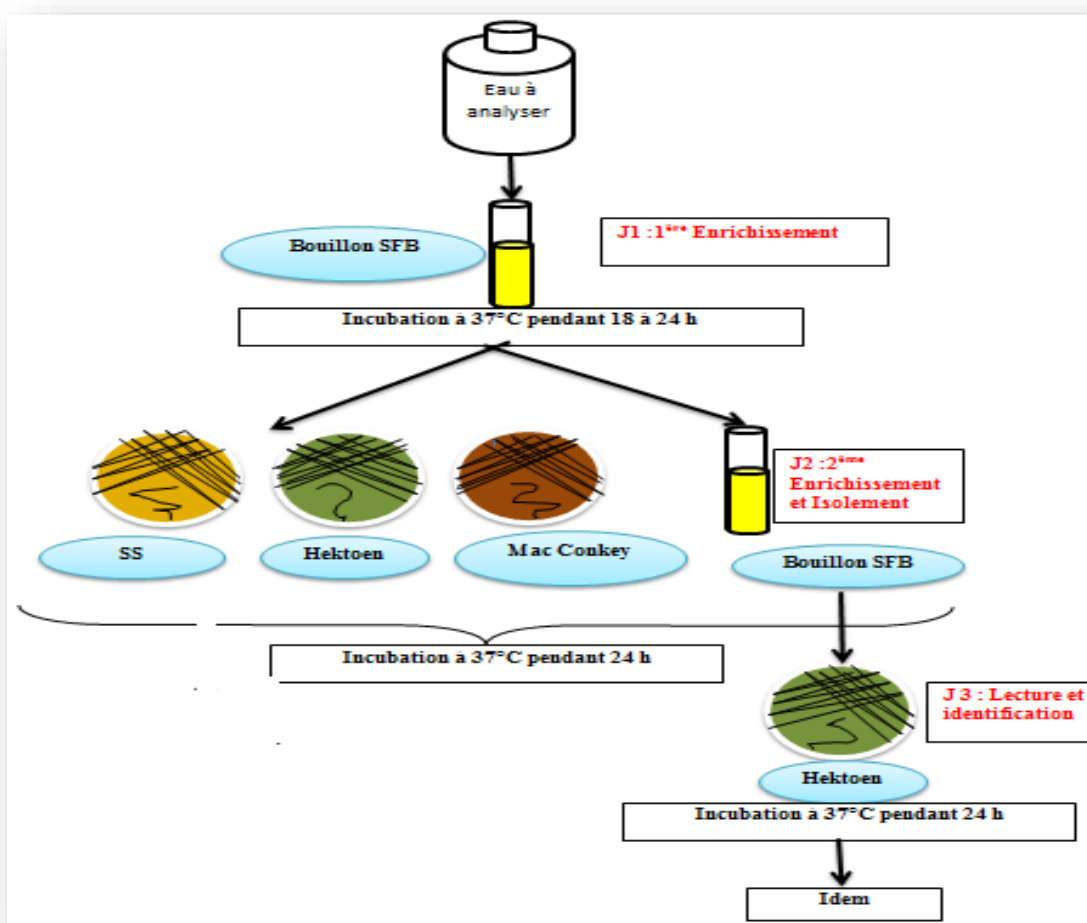


Figure 23: Protocole de recherche des *Salmonella* (Abdelliouiet al.,2012).

### e. Recherche de *Vibrio cholérique*

Le genre *Vibrio* fait partie de la famille des Vibrionaceae. Les espèces de *Vibrio* qui sont le plus souvent à l'origine de phénomènes pathologiques chez l'homme sont : *V. cholerae*, *V. parahaemolyticus* et *V. vulnificus*. Leur température de croissance va de 18 à 40°C et la zone de pH permettant leur culture va de 6 à 9 (Cohen et Karib, 2007).

Les *Vibrion* 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 (Delarras et Trébaol, 2003).

La recherche de *Vibrio cholerae* se fait sur milieu d'enrichissement eau peptone alcaline (EPA) et le repiquage sur gélose nutritive alcaline biliée GNAB (Bengherbia et al., 2014). Les colonies de *Vibrio* sont fines, plates, transparentes et blanches sur gélose GNAB.

#### ❖ Mode opératoire

- **Etape 1 :** L'enrichissement primaire s'effectue sur le milieu eau peptone

Alcaline (EPA), contenue dans des tubes de 9ml ; auquel 5ml d'eau à analyser. Les tubes ensuite incubés à 37°C pendant 24 heures.

- **Etape 2 :** Une fois les boîtes de pétris sont coulées ; avec de la gélose

GNAB, s'assurer aussi de l'étiquetage des boîtes. Les tubes incubés qui représentent

L'enrichissement, feront l'objet d'un isolement sur milieu gélosé GNAB, dont le prélèvement sera effectué à partir de la surface du milieu (EPA). L'incubation se fait à

37°C pendant 24 heures.

- **Etape 3 :** Après incubation ; la boîte de gélose GNAB subira une lecture en tenant compte du fait que les vibrions se présentent le plus souvent sous forme de grosses colonies lisses, transparentes et très caractéristique.

#### ❖ Identification

- Test oxydase (+) (Labres et al., 2008).
- Test catalase et mannitol mobilité.

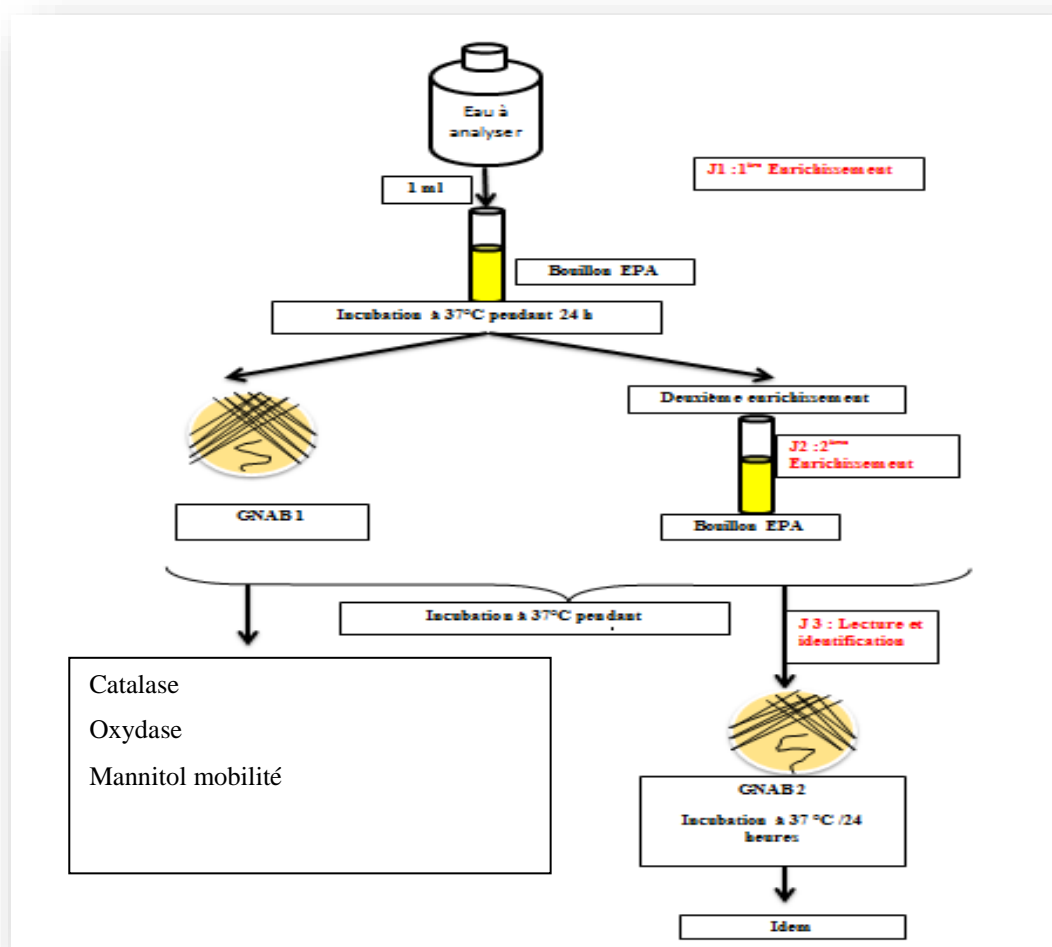


Figure 24: Protocole de recherche de *Vibrio cholerae* (Abdellouiet *al*, 2012).

## 1.5. Examen liés aux caractères biochimiques et enzymatiques

### 1.5.1. Caractères enzymatique

#### ❖ Recherche de catalase

##### ➤ Principe

La catalase est une enzyme présente chez la plupart des bactéries aérobies strictes et Anaérobies facultatives (Aberkane *et al*, 2011). Cet enzyme permet la dégradation de l'eau Oxygénée à l'eau et oxygène libre qui se dégage sous forme gazeuse.

La recherche de catalase se fait par la méthode qui consiste à mettre des bactéries en quantité suffisante en contact de peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ ) (Carbonnelle *et Kouyoumdjian*, 1998).

Si le dégagement immédiat de bulles gazeuses, le test catalase est positif et la bactérie possède la catalase. S'il n'y a pas de dégagement de bulle gazeuses : test catalase est négatif, la bactérie ne possède pas le catalase (**Delarras, 2014**).

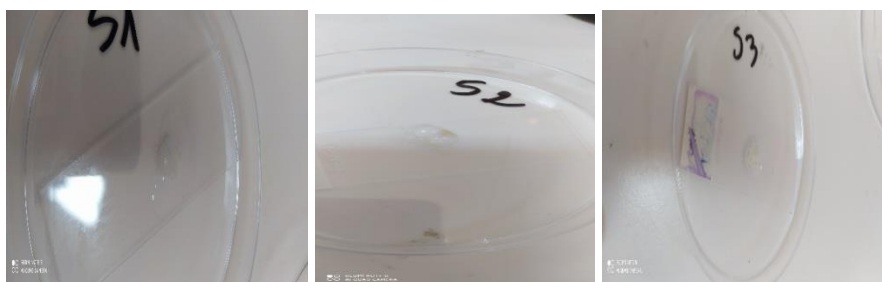


**Figure 25:** Résultats de test catalase des trois stations.

#### ❖ 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 (**Carbonnelle et Kouyoumdjian, 1998**).

Ce test est à la base de l'identification des bactéries Gram (-) et permet de mettre en évidence une enzyme : l'aphénylène diamine oxydase des bactéries à partir de leur culture en milieu gélosé. Cette enzyme est capable d'oxyder un réactif : Le N diméthyl-paraphénylène-diamine (**Abdellioui et al, 2012**). La recherche de l'oxydase s'effectue avec des disques prêts à l'emploi du commerce (**Carbonnelle et Kouyoumdjian, 1998**). Si la colonie prend une teinte violette. Le germe possède une oxydase, le test est positif. Si la colonie reste incolore, le germe ne possède pas d'oxygène, le test est négatif (**Delarras, 2014**).



**Figure 26:** Les résultats d'oxydase des trois stations.

*Chapitre IV:*

*Résultats et*

*Discussion*

## 1. Paramètres bactériologiques :

Pour évaluer les risques posés par les micro-organismes potentiellement pathogènes présents dans l'eau consommée par la population, des analyses bactériologiques de l'eau doivent être réalisées, qui permet de contrôler l'efficacité des traitements de désinfection.

Les analyses bactériologiques de l'eau sont essentiellement des analyses d'indicateurs : indicateurs de pollution dans une eau naturelle, indicateurs d'efficacité de traitement dans une eau traitée (**Rodier et al, 2009**).

Selon **Rodier et al (2009)** la difficulté d'interprétation liée à la présence des coliformes totaux est que si effectivement un certain nombre de ces bactéries mise en évidence sont indicatrices d'une pollution fécale, certaines sont d'origine environnementale. C'est pourquoi il faut toujours faire attention aux prélèvements positifs pour les coliformes, ce n'est pas toujours signe une contamination fécale.

Les analyses bactériologiques obtenues ont montré qu'il y a une absence de bactéries (CF, SF et E coli) aux points d'échantillonnage sauf pour CT qui représente. Il ressort que, dans la majorité des cas, ces points d'eaux sont conformes aux normes de potabilité nationales et internationales (**OMS, 2006 ; JORA, 2011**).

**Tableau 3:** les résultats des analyses bactériologique.

Mois de prélèvement	Février			Mars		
Station de prélèvement	S1	S2	S3	S1	S2	S3
Germes revivifiables	+	+	+	+	-	-
Coliformes totaux	-	+	+	+	+	-
Coliformes fécaux(E coli)	-	+	+	+	+	-
Stréptocoque Fécaux	+	+	+	+	-	-

(ASR)	+	+	+	+	+	+
<i>Staphylocoques</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Shigella</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Salmonella</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Vibrio cholérique</i>	+	+	+	+	+	+

### Résultat des germes totaux :

En ce qui concerne le dénombrement des germes totaux, deux prélèvements ont été réalisés.

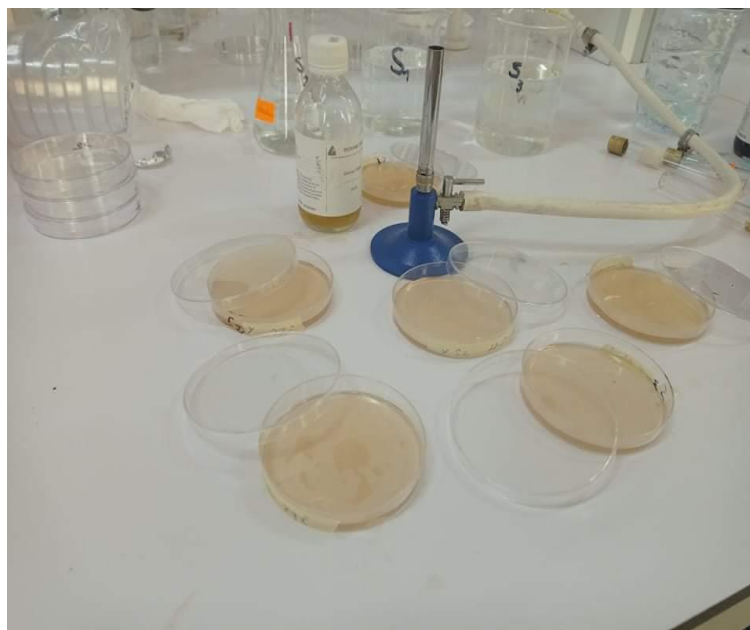
Pour les germes revivifiables à 22°C, les valeurs les plus élevées sont enregistrées dans la station 3 pendant le mois de Février avec 727 UFC/ml, et la valeur minimale étant de 272 UFC/ml dénombrée dans la station 1 pendant le mois de Février (figure 28).

Pour les germes totaux à 37°C, les valeurs élevées ont été enregistrées toujours dans la station 3 pendant le mois Février avec 1272 UFC/ml. La valeur minimale est de 363 UFC/ml dénombrée dans la station 2 pendant le mois Février.

Les résultats obtenus à 22 °C sont moins élevées à ceux trouvés à 37°C pour les trois stations, cela se traduit par l'influence de la température sur la croissance de ces micro-organismes.

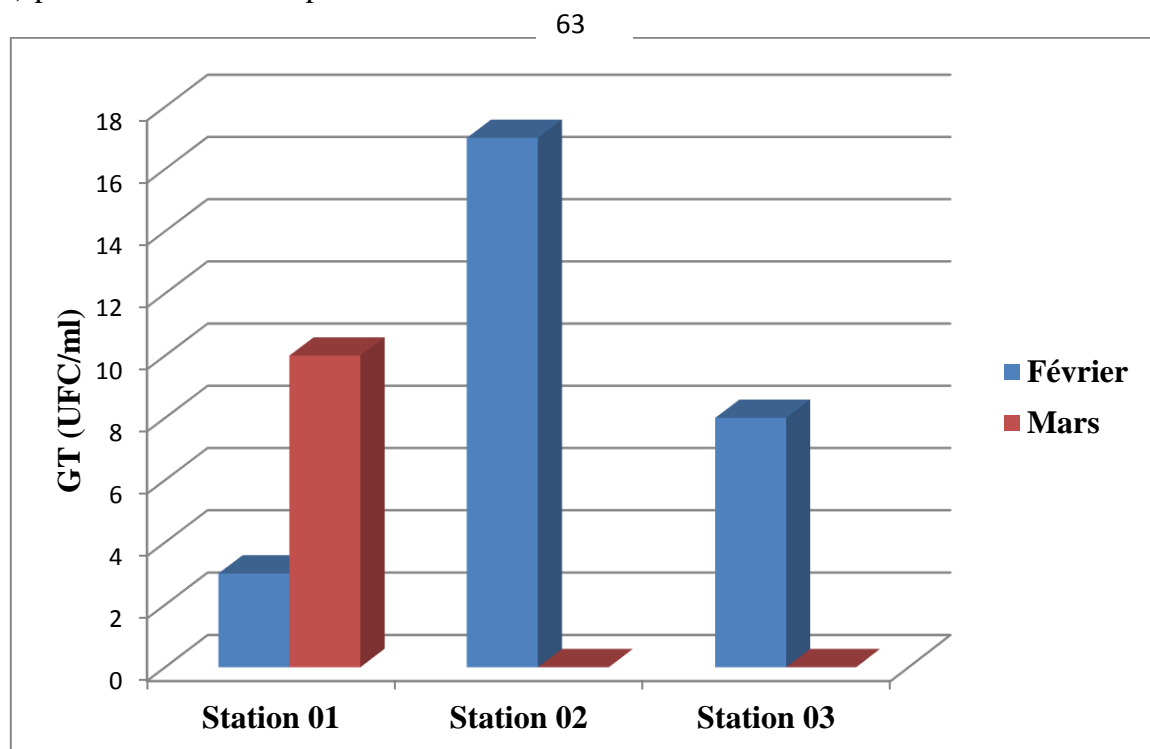
Les bactéries revivifiables se développent principalement à des températures basses. L'origine de ces bactéries ne doit pas forcément être fécale, elles ont aussi une origine environnementale, elles apportent aussi quelques informations, comme la profération de la flore dans une eau riche en matière organique (Rodier, 2009).





**Figure 27:** Recherche des germes totaux au milieu de TGEA.

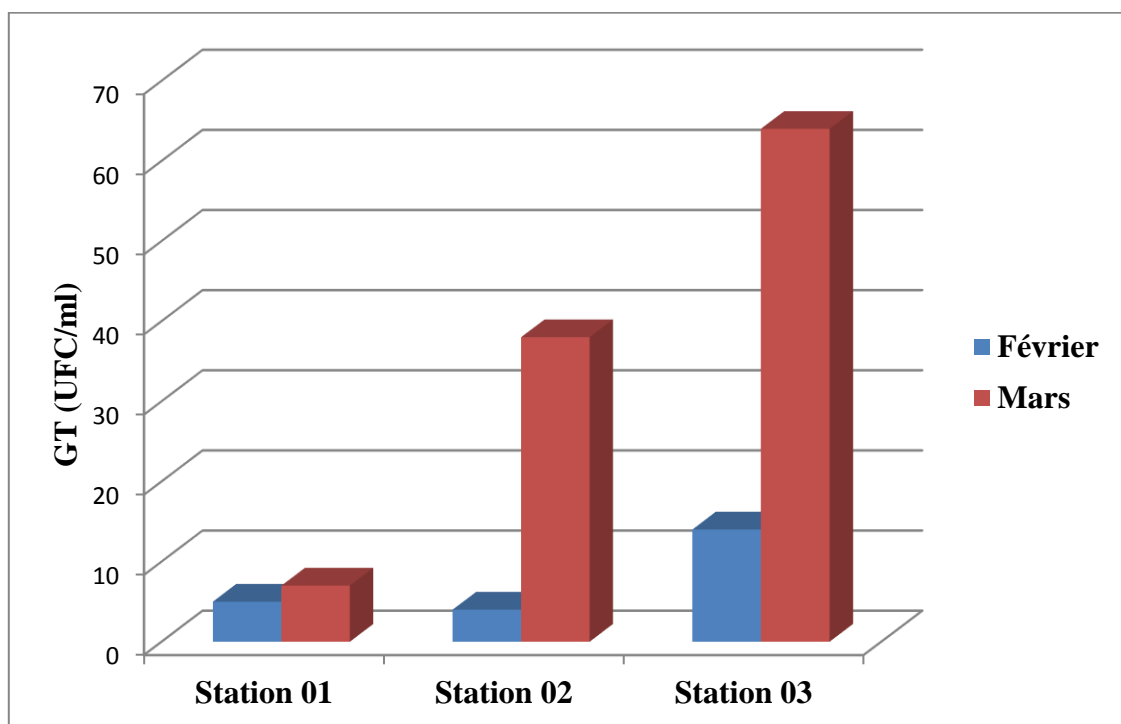
Les résultats de la recherche et le dénombrement des germes totaux dans les trois stations d'eau potable durant la période d'étude sont présentés dans les deux figures (**Figure 28**) et (**Figure 29**) pendant les deux températures différentes 22 °C et 37 °C



**Figure 28:** Evolution des germes revivifiables à 22°C de l'eau de robinet (Février – Mars, 2022).

Concernant les germes totaux à 22 °C dans le mois de Février, on a remarqué que tous les sites de prélèvements ont des teneurs qui ne sont pas dépassées la limite fixée par

l'OMS et le Journal Officiel de la République Algérienne (20 UFC/100ml) (JORA, 1998 ; OMS, 2011) avec une valeur maximale de 17 UFC/ml dans la station 2, alors on a trouvé une absence totale des germes revivifiables dans les autres deux stations durant le mois de mars



**Figure 29:** Evolution des germes revivifiables à 37°C de l'eau de robinet (Février – Mars, 2022).

Pour les germes totaux à 37°C, la valeur la plus élevée a été enregistrée dans la station 03 (Guelma ville) avec 64 UFC/ml pendant le mois de Mars et elle ne dépasse pas la limite fixée par l'OMS et le Journal Officiel de la République Algérienne (100 UFC/ml)

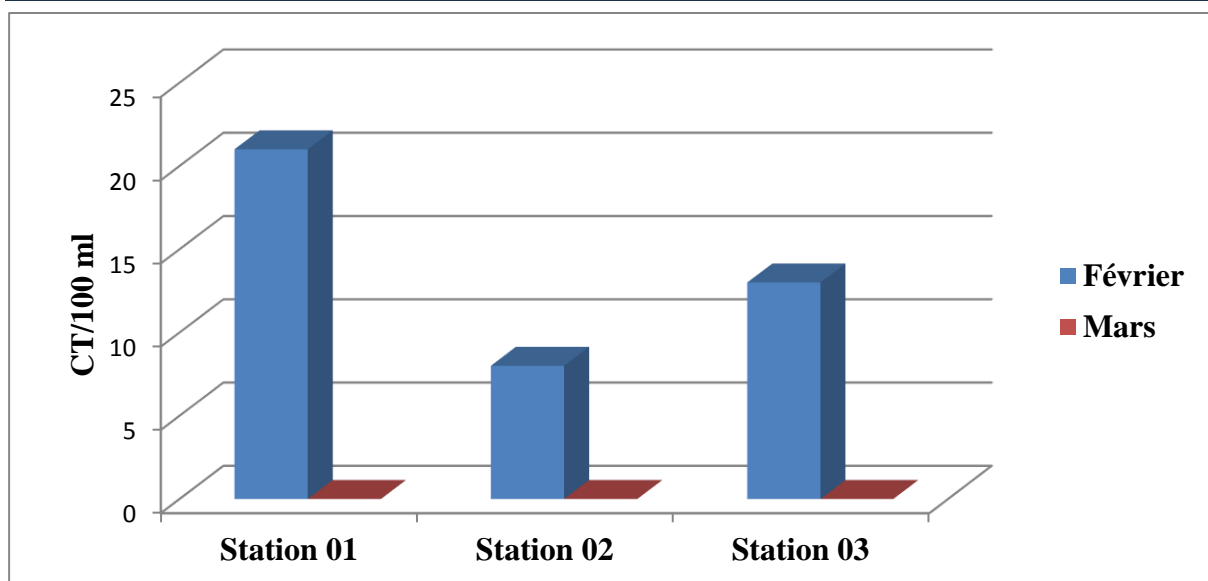
Par contre la valeur minimale des germes revivifiables à 37°C sont enregistrés dans la station durant le mois de Février.

On a conclu donc qu'il y a pas une contamination au niveau des trois stations durant les deux mois de prélèvement.

### Résultats des coliformes totaux et fécaux.

#### ❖ Les coliformes totaux (CT)

La recherche des coliformes est primordiale du fait qu'un grand nombre d'entre eux vivent en abondance sur les matières fécales des animaux à sang chaud et de ce fait constituent des indicateurs de première importance. Notre résultat est présenté dans la figure 30



**Figure 30:** Variation des coliformes totaux/100 ml de l'eau de robinet des trois stations (Février – Mars, 2022)

Alors, on a trouvé que la valeur maximale des coliformes totaux, obtenue a été enregistrée dans la station 01 (20 CT/100ml) pendant le mois de Février. Par contre on remarque l'absence totale de ces germes au niveau des trois stations pendant le mois de Mars. D'après ces résultats, on remarque que les valeurs enregistrées dans les Station 01 et 03 pendant le mois de Février dépassent légèrement les valeurs seuils établies par l'OMS et la réglementation algérienne qui sont 10 CT/100ml).

Ceci traduit la présence des coliformes qui peut être due aux activités humaines.

Le nombre des coliformes totaux est naturellement plus important que celui des coliformes fécaux.



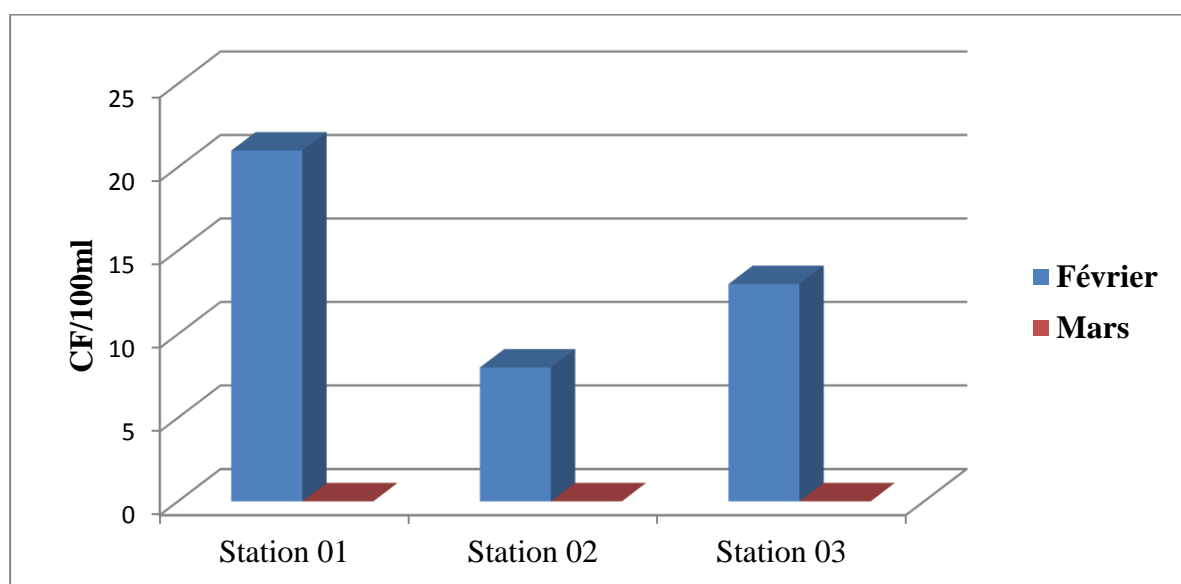
**Figure 31:** Recherche des coliformes totaux au milieu BCPL.

#### ❖ Les coliformes fécaux (CF) :

Le coliforme le mieux représenté dans les matières fécales est *Escherichia coli*, sa recherche est donc extrême importante.

La présence de coliformes fécaux dans l'eau signifie une contamination récente du milieu aquatique par la matière fécale humaine ou d'animaux à sang chaud (Ouanouki et al, 2009).

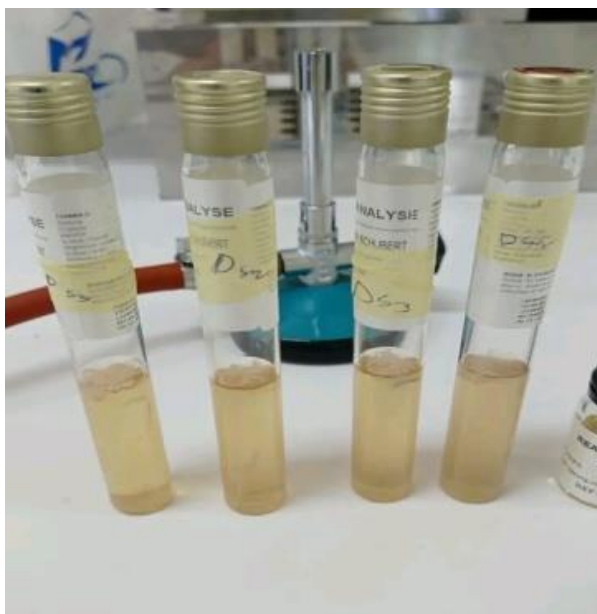
Dans notre cas, les résultats des analyses ont montré une absence totale de coliformes fécaux (*Escherichia coli*).



**Figure 32:** Variation des coliformes fécaux/100 ml de l'eau de robinet des trois stations (Février – Mars, 2022)

D'après la figure 32, qui nous montre que le nombre de coliformes fécaux maximale sont enregistré dans la station toujours 01 et qui dépasse la norme de la réglementation algérienne (JORA, 2017) et de l'OMS (0 CF/100ml), alors que la valeur minimale est enregistré dans la station 02 avec une valeur de (6CF/100ml)

La présence des coliformes fécaux dans leseaux de consommation atteste d'une pollution ou d'une contamination d'origine fécale.



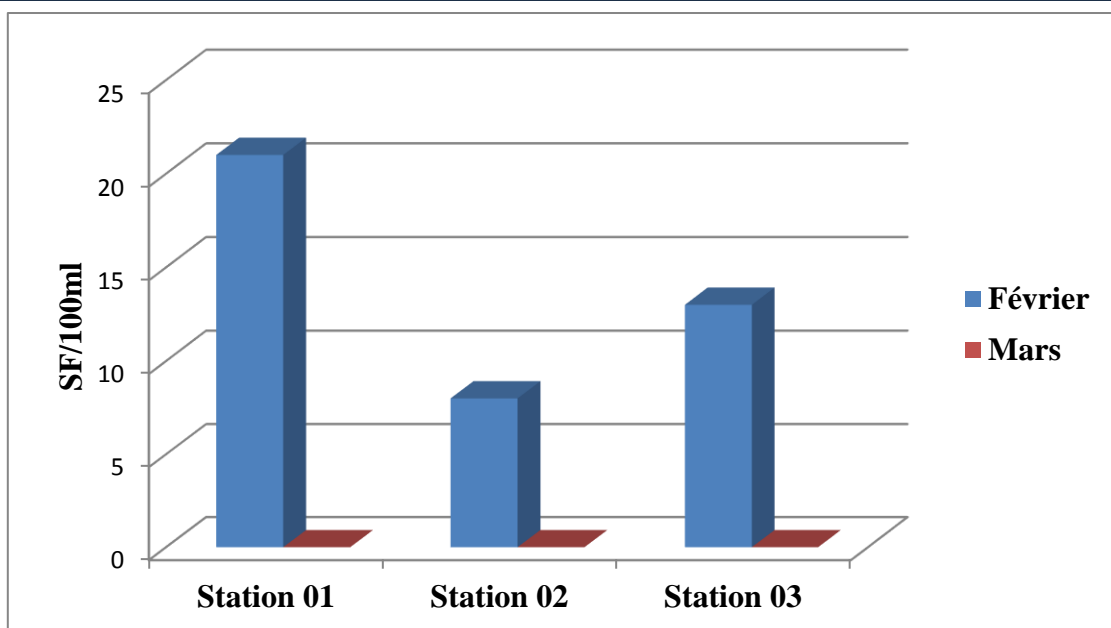
**Figure 33:** Tubes de milieu Schubert négatif (absence d'E coli).

### 1.3. Résultat du dénombrement des streptocoques fécaux

D'après l'OMS, les streptocoques fécaux sont en grand partie d l'origine humaine certaine bactérie de ce groupe proviennent également de fèces animale, ou se rencontrent même sur les végétaux.

Ils sont néanmoins considérés comme indicateur d'une pollution fécale, et leur principal intérêt réside dans le fécale, et leur principal intérêt réside dans le fait qu'ils soient résistants. Le nombre de streptocoques fécaux est directement lié à la quantité de matière fécale se trouve dans l'eau (OMS, 2000).

Donc ils sont aussi des excellents indicateurs de contaminations récentes par la matière fécale des animaux (Rodier, 1996). Les résultats de dénombrement de ces derniers sont présentés dans la (Figure 34).



**Figure 34:** Variation des streptocoques fécaux/100ml dans l'eau de robinet (Février-Mars, 2022).

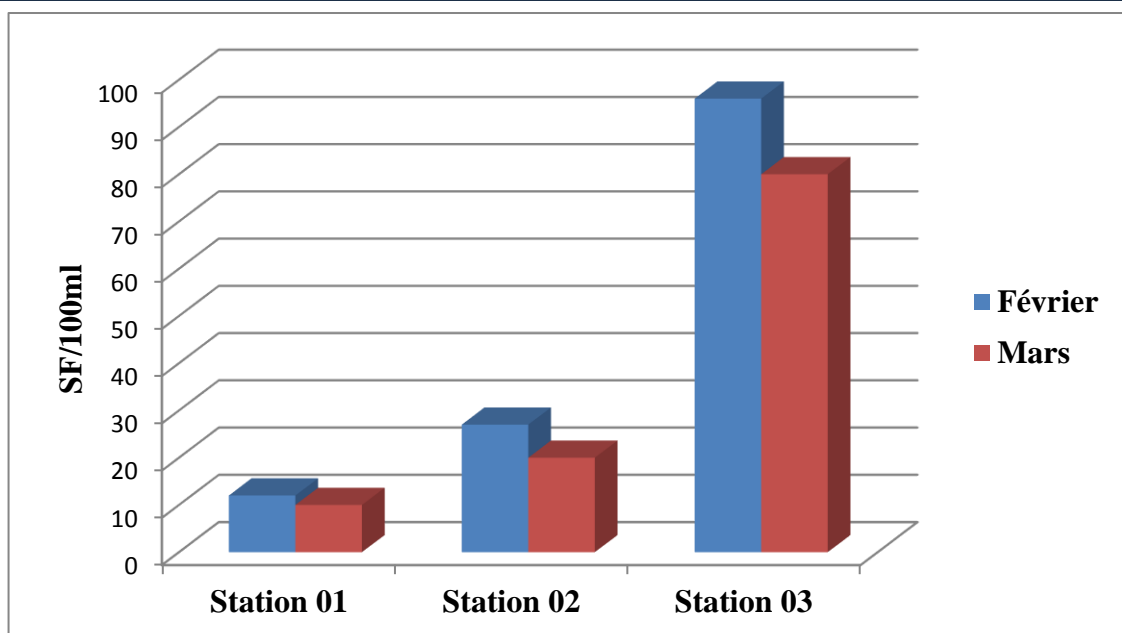
Le graphique des streptocoques fécaux nous montre que la station 01 renferme le nombre le plus élevé avec une valeur maximale de 20 SF/100 ml pendant le mois de Février, alors que la valeurs minimale est trouvé dans la station 02 avec 08 SF/100ml.

Durant le mois de Mars, absence totales des SF dans les troisstations (SellaouaAnnouna,Nechmayaet Guelma).

Les valeurs enregistrées varient entre [0-20UFC/100ml] dépassent ainsi les normes d'OMS limitées de la réglementation algérienne (0UFC/100ml).Donc il est probable que la présence des animaux domestiques au voisinage des stations représente la cause principale de cette contamination.

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

Les spores des anaérobies sulfito-réducteurs(ASR) constituent des indices de contamination ancienne. Nos résultats sont illustrés dans la **figure 35**



**Figure 35:** Variation des ASR /20ml dans l'eau de robinet de trois stations (Février-Mars, 2022).

Nous avons enregistré une seule station (Guelma) qui contient le maximum des spores au niveau le mois de Février et le mois de Mars avec 96 et 80 spores/20ml successivement, par contre, au niveau de station 01 nous avons enregistré 8 et 6 spores/20mL, durant le mois de Février et le mois de Mars successivement.

D'après les résultats obtenus nous observons qu'il y a une contamination ancienne surtout dans les trois stations de prélèvements durant la période d'étude. Suivant les normes établies par l'OMS (0spore/ml) (OMS, 2011).



**Figure 36:** Résultats obtenu des spores de Clostridium sulfito-réducteurs dans la station de Guelma ville.

### 1.5. Résultat de la détermination de l'origine de la contamination fécale

CF/SF < 0,7 Principalement ou entièrement d'origine animale, CF/SF compris entre 0,7 et 1 mixte à prédominance animale, CF/SF compris entre 1 et 2 Origine incertaine, CF/SF compris entre 2 et 4 mixte à prédominance humaine, CF/SF > 4 Source exclusivement humaine (Borrego et Romero, 1982).

**Tableau 4:** Origine de la pollution selon le rapport coliforme fécaux/streptocoques fécaux (CF/SF).

Station Période	Rapport CF/SF		
	S1	S2	S3
Février (1 <sup>ère</sup> échantillonnage)	0.5	0.33	0
Mars (2 <sup>ème</sup> échantillonnage)	0	0	0

Selon les résultats du rapport (CF/SF), nous notons que la source de la pollution de l'eau potable des trois stations dans le 1<sup>ère</sup> échantillonnage est mixte à prédominance animale

### Résultat des germes pathogènes

#### Les salmonelles

Les résultats de l'inoculation des salmonelles sur milieu de culture SS et Hektoen présentes absences totale des colonies dans les trois stations durant les deux mois de prélèvement (Février et Mars).

#### Les Pseudomonas aerogenosa

Concernant la recherche des pseudomonas et d'après les résultats obtenus après l'ensemencement sur milieu Cétrimide, absence totale des colonies dans Cétrimide dans les trois stations durant les deux mois de prélèvement enregistré (Février et Mars).

#### Les Shigelles

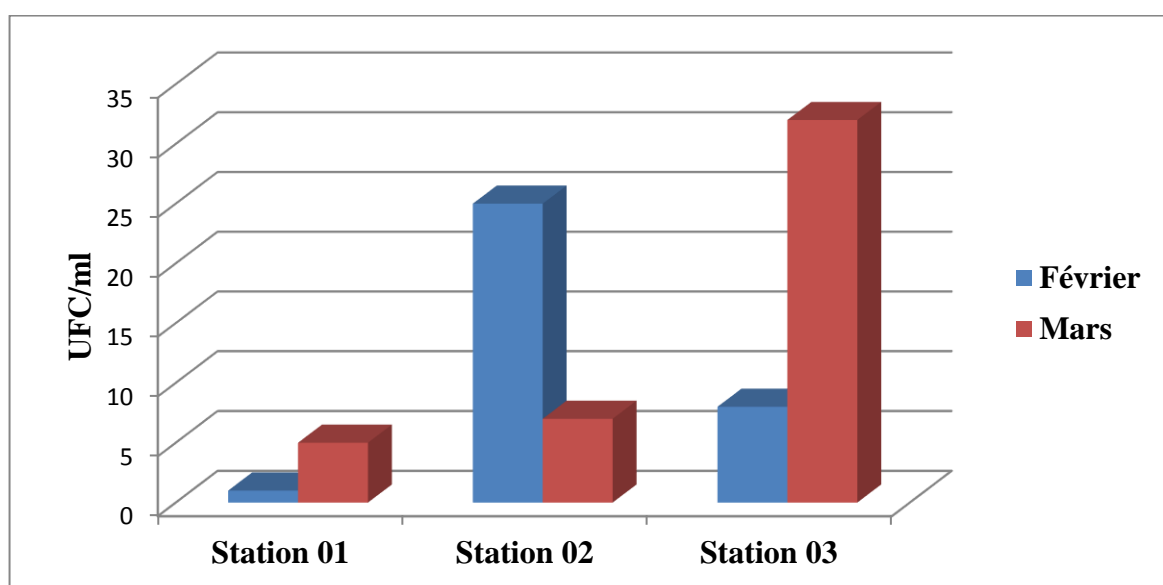
Les résultats de l'ensemencement de la bactérie shigella sur le milieu de culture Hektoen sont négative.



Donc on peut conclure que l'absence de ces germes pathogènes (les salmonelles, *Pseudomonas aerogenosa* et les shigelles) dans les trois stations de prélèvement indique que nos trois stations sont dans les normes établies par l'OMS.

### Les staphylocoques

Les résultats obtenus après l'inoculation de la bactérie *Staphylococcus* dans le milieu de culture Chapman sont illustrés dans la figure 37 et les différents tests biochimiques sont présentés dans le tableau 05.



**Figure 37:** Les valeurs des *Staphylococcus aureus* de trois stations d'eau de robinet (Février et Mars, 2022).

Après le temps d'incubation, et après avoir réalisé les tests biochimiques sur les staphylocoques nous ont permis d'identifier des staphylocoques pathogènes (*Staphylococcus aureus*) on a remarqué que : Dans le mois de Mars on a enregistré la valeur maximale des staphylocoques dans la station 03, Alors que la valeur minimale est notée dans la station 01 durant le mois de Février.

D'après ces résultats on a conclu que la présence de ce germe pathogène avec ces valeurs qui dépassent les normes algériennes et les normes d'OMS (0 UFC/ml) indique que les trois stations de prélèvements ne sont pas de bonne qualité et ne sont pas potables à boire.

C'est pour cela un entretien sanitaire périodique doit être effectué 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.

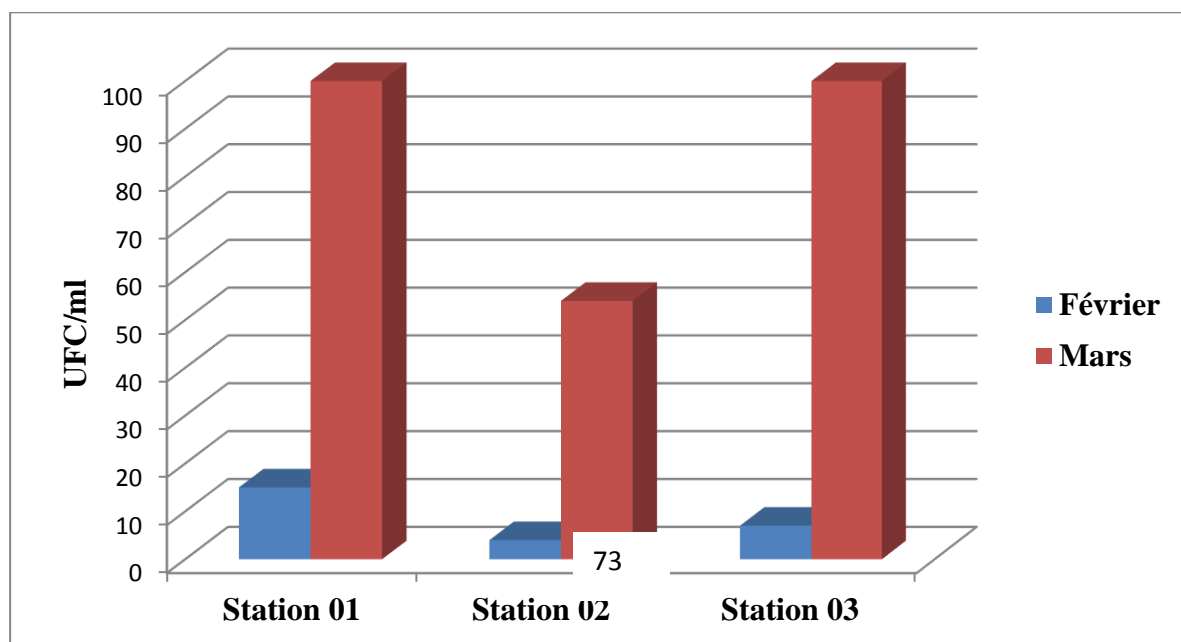
Les résultats des différents tests effectués sur les staphylocoques sont représentés dans le tableau (5).

**Tableau 5:** Résultats du profil biochimiques des staphylocoques isolés.

Tests/ Stations	Oxydase	Catalase	Mannitol
S01	+	+	+
S02	+	-	-
S03	+	+	+

**Les vibrio cholérique**

Les résultats obtenus après l’inoculation de la bactérie vibriocholérique dans le milieu de culture EPAet l’isolement dans le milieu GNAB sont illustrés dans la figure 38 et les différents tests biochimiques sont présentés dans le tableau 06



**Figure 38:** Les valeurs des Vibrio cholérique de trois stations d’eau de robinet (Février et Mars, 2022).

D’après le diagramme 38 qui représente les valeurs des germes vibrio cholérique dans les trois stations durant le mois de Février et Mars, on a remarqué la présence de cette bactérie

dans toutes les stations pendant les deux mois d'échantillonnage. Mais ils sont très élevés dans le mois de Mars surtout dans la station 01 et 03.

Les valeurs sont supérieures aux normes indiquées par la réglementation algérienne [0 germe/ml] et l'OMS (0 UFC/ml à 37 °C), avec une valeur maximale de 100UFC/ml qui a été enregistrée dans la station 01 (Selloua Anouna) et station 03 (Guelma ville). Tandis que la valeur minimale a été enregistrée dans la station 02 durant le mois de février.

Donc on peut dire que cette contamination peut engendrer des risques sur la santé des consommateurs. Ou leurs contaminations pourraient être expliquées par une pollution fécale d'origine animale, ou des déchets humains. Donc la présence de vibrio est liée d'une part aux conditions d'hygiène lors du pompage de l'eau de la station d'épuration et des traitements des eaux vers les consommateurs.

Les résultats des différents tests effectués sur les vibrios cholériques sont représentés dans le **tableau 06**.

**Tableau 6:** Résultats du profil biochimique des vibrios cholériques isolés.

Tests/ Stations	Oxydase	Catalase	Mannitol
<b>S01</b>	+	+	-
<b>S02</b>	+	+	-
<b>S03</b>	+	+	+



*Conclusion et perspectives*

*Conclusion et perspectives*

## ***Conclusion et perspectives***

Avant toute consommation d'eau, il est nécessaire de vérifier la qualité bactériologique, la négligence de ce contrôle peut provoquer l'apparition de maladies hydriques dans la population si de l'eau contaminée est consommée.

Cette étude a permis d'évaluer la qualité bactériologique de l'eau du robinet pour certaines localités de la wilaya de Guelma (SellaouaAnnouna, Nechmaya, Guelma ville), les résultats des analyses bactériologiques réalisées au laboratoire de l'université Guelma ont révélé l'absence totale de quelque bactéries pathogènes ; salmonella, shigella, pseudomonasaeruginose, ainsi que la présence des ; coliformes fécaux « E coli » et streptocoque fécauxça présence signalent une pollution fécale, tandis que les vibrio cholérique et staphylocoquet les ASR avec des valeurs qui dépasse l'OMS et la réglementation algériennes conclu que ces stations (SellaouaAnnouna, Nechmaya et Guelma ville) avec l'eau de robinet ne sont pas de bon qualité et peut provoques des maladies hydriques lors de la consommation.

Du point de vue bactériologique, et à la lumière des résultats obtenus qui ont montré des différences spatiales et temporelles presque imperceptibles, avec de légères concentrations bactériennes, et des quantités de micro-organismes qui dépassent les normes nationales ainsi que les normes fixées par l'Organisation mondiale de la santé pour l'eau potable, ce qui rend de qualité bactériologique pas acceptable , et sales à la consommation humaine.

A titre de recommandation, et pour améliorer la qualité de l'eau potable (les robinets), nous suggérons ce qui suit :

- ✓ Mener une vaste campagne de sensibilisation.
- ✓ Surveillance permanente des sources d'eau de robinet.
- ✓ Exiger le respect des normes de protection des sources d'eau du robinet.
- ✓ Le traitement sur place ou le stockage des rejets de déchets industriels (unités industrielles de production, stations de lavage et de carburant, élevage, raffinerie...)
- ✓ Eviter les infiltrations des rejets domestiques et industriels vers les aquifères et faire recours à des transferts par canalisations vers les stations d'épuration, ou vers des lagunes pour un traitement microbiologique.
- ✓ Surveiller et contrôler l'utilisation d'engrais et de pesticides pour réduire ou éviter la migration du surplus vers les eaux souterraines qui peuvent être une source d'eau potable.

Enfin, l'analyse de l'eau reste nécessaire pour assurer la qualité de l'eau et protéger la santé du consommateur, car il sera intéressant d'analyser l'eau dans d'autres zones de la wilaya de Guelma.



*Références Bibliographiques*

---

**Références Bibliographiques**

A

- **Atteia, O. (2005).** Chimie et pollutions des eaux souterraines (p. 398).Paris : Lavoisier.
- **(Akpor. O. B., et Muchie., 2010)** Remediation of heavy metals in drinking water and wastewater treatment systems: Processes and applications. International Journal of the Physical Sciences, 5(12), 1807-1817.
- **(Abibsi., 2011).** Mémoire master Réutilisation des eaux usées épurées par filtres plantes (phytoepuration) pour L'irrigation des espaces verts application á un quartier de la ville de Biskra.
- **(Ayad., 2016).** Thèse doctorat Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région d'el-Harrouch (wilaya de Skikda) université Badji Mokhtar – Annaba p : 19-20.
- **(Association Rivière Rhône Alpe., 2015)**Pollution de l'eau liée aux activités agricoles ; Actes de la journée technique de 27 février 2015 Alexian (26), p (11).
- **Abdellioui. S, Boukhdim. A, Hamzaoui.H.,(2012).**Qualité microbiologique d'unécosystème lotique Cas de l'Oued El Kebir Ouest (Skikda, Nord-Est Algérien). Mémoire de Master. Université de 8 Mai 1945-Guelma. 72
- **AGRIGON.A, (2000):**Annuaire de la qualité des eaux et des sédiments. DUNOD. 206p.
- **A.Carocci, A. Catalano, G.Lauria, M. S SinicropietG.Genchi.** Lead toxicity, antioxidant defense and environment. In Reviews of Environmental contamination and Toxicology, Springer, Cham, (2016), Vol. 238, p. 45-67.
- **A. E.Al-Rawajfeh E. M. Al- Shamaileh.** Assessment of tap water resources quality and its potentiel of scale formation and corrosivity in Tafila province, South Jordan. Desalination, (2007), 206(1-3), 322-332.
- **Alouane-H, 2011,** 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 du diplôme de Magistère en : Filière Ecologie. P 9



**B**

- **Brahmia.N. et Kirratti.B, 2006.** Mémoire D'Ingéniorat en hydrologie, Impact des eaux d'irrigation sur les eaux souterraines de la plaine alluviale de Guelma, Université Badji Mokhtar. Annaba.113p.
- **BLANCHER.G ,1972:**Abrégé de médecine préventive et d'hygiène
- **Baza. Y, 2006.** Contribution à l'étude de la qualité des eaux d'irrigation des zones semi-arides, cas de la région d'Ain Ibel. Thèse, Ing. Agro. Université de Djelfa. p 34-35.
- **Bouchrit, A ; Hakimi, H.(2016).** Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau du barrage Hammam Debagh Guelma. Mémoire de master, Université du 8 Mai 1945. Guelma.
- **Blundell, G., Papa, Edwards, S., & Holmes, R. (2004).** The source water protection primer (p. 58). Canada: pollution probe.
- **Bouchair. C, et Benalia. H., (2015).** Etude de la qualité bactériologique et physico-chimique de l'eau du Lac Tonga (Parc National D'El-Kala, Nord-est Algérien).Mémoire de Master. Université du 08 Mai 1945-Guelma- 64 p.
- **Bouchaala, L.(2010).** Contribution à l'étude de la qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau de l'oued Zenati (Guelma). Thèse de doctorat, Université 08 Mai 1945. Guelma.
- **Bourgeois C. M., Leveau J.Y. (1980).** Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires, Tome 03. Lavoisier : Tec et Doc, 331 p.
- **Bengherbia. A, Hamaidi. F, Zahraoui. R, Hamaidi. M, et Megateli. S., (2014).** Impact des rejets des eaux usées sur la qualité physicochimiques et bactériologique de l'oued Beni Aza (Blida, Algérie). Lebanese Science Journal 15 (2): 13 p
- **BLANCHER.G ,1972:**Abrégé de médecine préventive et d'hygiène
- **Bliefert Claus & Perraud Robert (2008).** Chimie de l'environnement : air, eau, sols, déchets. p : 271,290, 291
- **(Boglin Jean-claude,2000).** propriétés des eaux naturelles. technique de l'ingénieur, traité environnement G1 110

C

- **Chelli.L, et Djouhari. N., (2013).**Analyses des eaux de réseau da la ville de Béjaia et évaluation de leur pouvoir entartrant. Mémoire de master. Université A. MIRA – BEJAIA, Faculté de technologie.
- **Carbonnelle D., Kouyoumdjian S., Audurier A., (1988).** Bactériologie médicale techniques usuelles. Mèd. Mal. Inf. France. 251 p.
- **Chibani. S., (2009).** Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de surfaces et souterraines de la région de Ain Makhlouf (Wilaya de Guelma). Mémoire de Magister. Université de 08 Mais 1945-Guelma-, 104p.
- **Castany, G. (1998).** Hydrogéologie principes et méthode (p.564). Paris : DUNOD.
- **Camille D., (2003).** Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux. Réglementation, prélèvements, analyses. Lavoisier : Tec et Doc. France. 156 p.
- **CMAJ :** Canadian medicalassociationjournal=journal de l'associationmidicale canadienne,167(3),281.
- **Cohen. N, Karib. H., (2007) :**Vibriospp. dans les produits de la pêche : Risques et prévention. Les technologies de laboratoire. N° 3. 7 p
- **Coulibaly K. (2005) :**Etude de la qualité physico-*chimique et bactériologique de l'eau*despuits de certains quartiers du district de Bamako. Thèse de doctorat en pharmacie, Universitéde Bamako, Mali. 69 p

D

- **D.P.A.T (2008).** Direction De La Planification Et De l'Aménagement Du Territoire. Rapport Interne, Monographie De la Wilaya De Guelma. 36 p.
- **Délaras C., (2008).** Surveillance surveillance sanitaire et Microbiologique des eaux : Réglementation-Prélèvements-Analyses.TEC& DOC.269p.
- **Douard, P et Lebental, B. (2013).** Plomb et qualité de l'eau potable. CGEDD, Rapport n° : 008435-01.Pp 14.
- **Degremont., (2005) :** « Mémento technique de l'eau », Deuxième édition toml.
- **Degremont. (1989).** Mémento technique de l'eau, Technique de documentation, tome 1, P : 5, 24-25.
- **Degremont., (2005)** “Mémento technique de l'eau, Tome 1, 10ème edition, Edit. Tec etdoc, pp : 3 -38.

- **Dali, Z. et Bentaleb, F. (2005):** Impact humaine sur l'environnement « cas de l'ensablement de la région de Boussaâda ». Mémoire d'ingénieur, Université de M'sila, M'sila, 71 p
- **Direction du Commerce de la Wilaya de Guelma., (2011).** Wilaya Guelma ; situation géographique.

**E**

- **El Blidi S., Fekhaoui M., Serghini A et El Abidi A., (2006).** Rizières de la plaine du Gharb (Maroc) : qualité des eaux superficielles et profondes. Bulletin de l'Institut Scientifique. (28).55-60.
- **(Engelkirk, 2008).** Laboratory Diagnosis of Infectious Diseases: Essentials of Diagnostic Microbiology. 1 st edition. Lippincott Williams & Wilkins. p754.

**F**

- **Faurie C, Medori P, Ferra C.,(2003).** Ecologie : Approche scientifique et pratique, 5<sup>ème</sup> Edition, Lavoisier doc et tec, Paris, 312p.

**G**

- **Gerard. G., (1999).** L'eau, milieu naturel et maîtrise, Edition INRA : Volume1,204p.
- **Guiraud. J., (1998).** Microbiologie alimentaire, Paris, Dunod, 651p.
- **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. 154p.
- **(Guillaume. L, 2016).** Baromètre 2016 de l'eau de l'hygiène & de l'assainissement, 02 mars 2016 ; Eau source de maladies ; Agir pour l'accès à l'eau potable, c'est être au cœur du principal défi de santé de notre temps. Solidarités international, p (21-23).
- **(Gasmi. W., et Refice. M., 2020)** mémoire master Caractéristiques physico-chimiques de l'eau potable de la région de M'Sila (Dréat, Souamaa, Newara), Université Mohamed Boudiaf - Msila.

**H**

- **Hoffmann F., Auly T., Meyer A-M., (2014).** L'eau Edition: Confluence p.43.eme edition: Dunod, Paris.
- **Hamzaoui W. (2007):**Caractérisation de la pollution des eaux en milieu industriel et urbain. Cas de la plaine d'El-Hadjar, Mémoire de magistère, Univ. Annaba, 102. P

J

- **J. C. de Oliveira, K. P. Maia, N. L. Decastro.** Spatial-temporal analysis of the surface water quality of the Para River Basin through statistical techniques,.(2019). *Ambiente e Agua-An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, vol.14 (1), p, 1-14.
- **Jumeni, G. N. (2015).** Impact des concentrations de plomb dans l'eau de robinet sur la plombémie des enfants âgés de 1 à 5 ans. Et estimation du rôle modifiant des facteurs nutritionnels, et sociodémographiques. Thèse de doctorat en Epidémiologie. Université Laval. Québec. Canada. Pp 01.
- **Jean. S., (2014).** 101 questions pratiques sur l'eau. Edition multi Mondes.
- **Jora, 2011. Journal Officiel de la République Algérienne** Décret exécutive n° 11-125 du 17 RabieEthani 1432 correspondant au 22 Mars 2011 relatif, qualité de l'eau de consommation humaine, Imprimerie Officielle, Les Vergers : Bir-Mourad Rais, Alger, Algérie, pp :7-25.
- **JORA. (2011).** « journal officiel de la république algérienne ». N°18. P 7-9.
- **J.Xue, V.Zartarian, A.Poulakos et L. Stanek.** Identification of Vulnerable communities with High Lead Exposures Residing in Michigan. In ISEES Conference Abstracts, (2018), Vol. 2018, n°.1.

K

- **Kadiri (2005).** Analyse urbaine de la ville de Boussaâda, mémoire d'ingénieur EPAU.
- **Kahoul, M et Touhami, M. (2014).** Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux de consommation de la ville d'Annaba (Algérie). *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n°19, pp.129-138.

L

- **Laferriere M., Nadeau A., Malenfant G. (1995).** La contamination par les nitrites : Prévention des risques à la santé, p : 38.
- **Lallemand-Barrés, A., Roux , J.C. (1999).** Périmètres de protection des captages d'eau souterraine destinée à la consommation humaine (p.334). Orléans : BRGM Manuals and methods.
- **Lassoued. K, et Touhami. N, (2008):** Contribution a l'étude de la qualité microbiologique de l'eau du barrage de hammamdebagh. MémoireD'ingéniera. Univ. Guelma.1p
- **Langevin. J, Lefebvre.R, Toutant. C, (2000)**

- **Lebres E. et Mouffouk F., (2008).** Le cours national d'hygiène et de microbiologie des eaux de boisson. Manuel des travaux pratiques des eaux. Institut Pasteur d'Algérie. 53p.
- **Labres E. Aziz D. et Boudjellab B. (2006).** Cours d'hygiène et de microbiologie des eaux : Microbiologie des eaux et des boissons. Institut Pasteur d'Algérie. P : 35-40.

**M**

- **Manceur et Djaballah, (2016):** Analyse microbiologique de l'eau distribuée dans la ville de Tébessa, mémoire de master 2 en Microbiologie Appliquée, Université Larbi Tébessi, Tébessa, Algérie.
- **(Marcel Dore 2006).** chimie des oxydants et traitement des eaux. l'université de poitiers (E.S.I.P), P :2-3.
- **Marchal.N, Bourdon J-I et Richard.C, (1982) :** Les milieux de culture pour l'isolement et l'identification biochimique des bactéries. Biologie appliquée. Editions Dounia, Paris pp50-364
- **Merzoug S., (2009).** Etude de la qualité microbiologique et physicochimique de l'eau de l'écosystème lacustre Garaet Hadj-Taher (Benazzouz, Wilaya Skikda). Mémoire de Magister. Université 08 Mai 1945 de Guelma. 113p.
- **Morlot, M. (1996).** Aspects analytiques du plomb dans l'environnement. 1<sup>er</sup> Ed Lavoisier Tec et DOC. France. ISBN : 2-7430-104-6. Pp 03.
- **Molénat, J., Dorioz, M., Gascuel, C., Gruau, G. (2010).** Les pollutions de l'eau dans les bassins versants agricoles : nature, sources et mécanismes de transfert. Territ « Eau – Agro- Transfert Bretagne.
- **M. S. Sankhla, K. Sharma et R. Kumar.** Heavy Metal Causing Neurotoxicity in Human Health. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology; (2017), vol. 6, n°5, p. 7721-7726.
- **M.Rieu, 1981.** Sodium absorption ration et estimation du pouvoir alcalinisant des eaux. Mission ORSTOM, vol xviii n°2, pp 123-128.
- **Mizi Abdelkade. 2006).** traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de Bejaïa et valorisation de déchet oléicoles. thèse de doctorat d'état, université d'Annaba, Algérie, p :26-27.
- **Monode. T, (1989):** Méharées géographie. Loisir. France, 233 p

N

- **Nauciel. C, et Jean-Louis.V., (2005).**Bactériologie médicale. Masson. 2ème édition. 257p
- **Niyogi, S.K. (2005):** shigellosis .journal of microbiology (Seoul, Korea),43(2),133-143.

O

- **Ouahchia, C., Hamaidi-Chergui, F.,Hamaidi, M. S.,Saidi, F . (2015).** Qualité bactériologique de l'eau potable des différents réservoirs et chez les consommateurs de la commune de Tipaza alimentes par la station de sidi Amar à partir de l'eau de surface du lac-barrage de boukourdane. Larhyss Journal. ISSN 1112-3680. n°23. Pp 139-154.
- **Oughidni. S., et Sebti B., (2015).** Contribution à l'étude physico-chimique et bactériologique de l'eau des zones humides urbaines de la Wilaya d'Annaba : Cas du marais de Boussedra. Mémoire de Master. Université du 08 Mai 1945-Guelma- 73p.
- **Ouanouki B., Abdellaoui N., Ait Abdallah N., (2009).** Application in agriculture of traded waster and sludge from a treatment station. European Journal of Scientific Research. Vol.27. N° 4. France. P 602 – 619.
- **(Ouali, 2008) :** Cours de procédésanitairesbiologiques et traitement des eaux. 2émé édition : OPU
- **(Olivier. R., 2003).** Maladies liées à l'eau. *Développement et Santé*, n°177.
- **OMS., (2000).** Directives de qualité pour l'eau de boisson ; volume 2, critères d'hygiène et documentation à l'appui, 2<sup>ème</sup> édition, 1050p.
- **OMS, (2003).** Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality. Geneva. Switzer land.
- **(OMS, 2006).**
- **ONEMA.** « Office Nationale de l'Eau et des Milieux Aquatiques », la qualité de l'eau, les agences de l'eau.
- **(Organisation Mondiale de la Santé., 2022).** Eau potable

P

- **Payment. P., et Hartemann. P., (1998).** Les contaminants de l'eau et leurs effets sur la santé. Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, 11, 199–210.
- **(Prescott et al, 2003).** Microbiologie. 2ème édition. De Boeck. Paris. p1163.
- **Pechère. J. C., Acar. J., Grenier. B., et Nihoul. E. (1982).** Reconnaître, comprendre et traiter les infections. 4ème édition. Edisem ST-Hyacinthe. Québec. 509p
- **Pilet. C, Bourdon. J.L, Toma. B, Marchal. N, Balbastre. C, et Person J.M., (1987).** Bactériologie Médicale Et Vétérinaire: Systématique Bactérienne. Paris, Douin, 372 p
- **Potelon J.L. et Zysman.K,(1998):**Le guide des analyses de l'eau potable. La lettre du cadre territoriale. S.E.P.T Voiron, Cedex. 253 p.

R

- **Rejsek F, (2002).** Analyse des eaux Aspects réglementaires et techniques, biologie technique CRDP d'aquitaine p : 358.
- **Rodier. J, Bazin. C, Broutin. J, Chambon. P, Champsaur. H, et Rodi L., (1996).** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8ème édition Dunod, Paris. 1383p.
- **Rodier J ; (1996).** L'analyse de l'eau. 9 ème édition, DUNOD. Paris.752p
- **Rodier. J, Bazin. C, Broutin. J.P, Chambon. P, Champsaur. H, et Rodi. L., (2005).** L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologique, biologie, interprétation des résultats. Ed. Dunod, Paris, 1384 p.
- **Rodier J. (2005).** L'analyse de l'eau ; Eaux Naturelles, Eaux Résiduelles, Eaux de Mer. 8ème édition. Dunod. 1383 p.
- **Rodier. J, Legube. B, Merlet. N, Brunet. Rmialoc. J.C, Leroy. P, Houssin. M, Lavison. G, Vincent. M, Rebouillon. P, Moulin.L, Chomodé. P, Dujardin. P , Gosselin. S, Seux. R., AlmardaniF , (2009).**L'analyse de l'eau, 9ème. Dunod, Paris, France.
- **Rodier.J, (2009):**L'analyse de l'eau; **Eaux naturelles, Eaux résiduaires,** Eau de mer. 9ème édition, Dunod, Paris. 1579 p
- **Rodier. J, Legube. B, et Merlet. N., (2009).** L'analyse de l'eau, 9ème édition, Ed. Dunod, 1579p.

- **Rouaigia. M., (2010).** Qualité microbiologique de l'eau d'Oued Messida. Mémoire de Master. Université de 8 Mai 1945-Guelma.78 p

S

- **Savary. P, (2010).**Guide des analyses de la qualité de l'eau, Ed. Territorial Voiron, France.

T

- **Tourab., (2013)** Mémoire de fin Contribution à l'étude de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux souterraines dans la plaine du Haouz, Université des Sciences et Techniques CadiAyad, FST Marrakech (Maroc), 2013, p: 82

V

- **Vierling, 2003 Gestion des eaux :** Alimentation en eau assainissement. Presses de l'école nationale des ponts et chaussées, Paris

Z

- **Zella, L., et Smadhi, D. (2006).** L'eau la gouvernance et l'éthique (p.131). Alger. Office des publications universitaires.



Sites web :

- [1] [http://julientap.free.fr/travail\\_fichiers/TP\\_chimie\\_eau.pdf](http://julientap.free.fr/travail_fichiers/TP_chimie_eau.pdf) (Consulté le 21/05/2022)
- [2] <http://www.iaea.org/fr/themes/les-eaux-souterraines>(Consulté le 21/05/2022)
- [3] <https://www.cieau.com>(Consulté le 06/05/2022)
- [4] [http://www.doctissimo.fr/html/sante/encyclopedie/sa\\_1174\\_typho\\_parathy.htm](http://www.doctissimo.fr/html/sante/encyclopedie/sa_1174_typho_parathy.htm)(Consulté le 05/06/2022)
- [5] <http://www.safewater.org/french-operation-water-drop/2017/5/17/analyse-de-la-duret-totale-de-leau-pour-lmentaire>(Consulté le 05/06/2022)
- [6] Cadre générale. (2005), institut bruxellois pour la gestion de l'environnement, pp : 3,5. (Consulté le 08/05/2020).
- [7] <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjS1vX684z4AhWahf0HHYbtBwYQFnoECAUQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.donneesmondiales.com%2Fafrique%2Falgerie%2Fclimat=guelma.php&usg=AOvVaw12qA30sFzTgfXj9P9hfIMr> (Consulté le 02/06/2022)
- [8] <https://www.donneesmondiales.com/afrique/algerie/climat-guelma.php>.(Consulté le 25/05/2022)
- [9] <https://fr.weatherspark.com/y/55170/M%C3%A9t%C3%A9o-moyenne-%C3%A0-Guelma-Alg%C3%A9rie-tout-au-long-de-l'ann%C3%A9e>.(Consulté le 25/05/2022)
- [10] [http://www.doctissimo.fr/html/sante/encyclopedie/sa\\_1174\\_typho\\_parathy.htm](http://www.doctissimo.fr/html/sante/encyclopedie/sa_1174_typho_parathy.htm)(Consulté le 15/04/2022)



*Annexes*

---

**Annexes:**

✓ **Annexe 1 : Milieux 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 Hecktoène : 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
Eau distillée	1000ml

❖ **Gélose viande foie (VF) : pH = 7.2**

Gélose de base :

Base viande foie 30g

Glucose 2g

Amidon 2g

Agar 11g

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

❖ **Gélose Salmonella-Shigella (SS) : pH = 7.0**

Extrait de viande de boeuf 5g

Polypeptone 5g

Lactose 10g

Sels biliaires 8.5g

Citrate de sodium 10g

Thiosulfate de sodium 8.5g

Citrate ferrique 1g

Gélose 13.5g

Vert brillant 0.00033g

Rouge neutre 0.025g

Eau distillée 1000ml

❖ **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

Eau distillée 1000ml

Alun de fer ammoniacal à 5% 10ml

❖ **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** : pH = 6.8 à 7

Peptone 20g

Glucose 5g

Chlorure de sodium 5g

Phosphate bipotassique 2.7g

Phosphate monopotassique 2.7g

Azohydrate de sodium 0.3g

Ethyl-violet 0.0005g

❖ **Gélose de Mac Conkey** : pH = 7.1

Peptone bactériologique 20g

Sels biliaire 1.5g

Chlorure de sodium 5g

Lactose 10g

Rouge de neutre 0.03

Cristal violet 0.001

Agar 15g

Eau distillée 1000ml

❖ **Eau peptonée alcaline (EPA)** : pH = 8.6

Peptone tryptique 30g

NaCl 30g

Eau distillée 1000ml

❖ **Réactifs utilisés**

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

Paradiméthylaminobenzaldéhyde 5g

Alcoolamylique 75ml

HCL pur 25ml

- **Réactif de TDA** : pour la recherche du tryptophane désaminase

Peptone de fer 3,4g

Eau distillée 100ml (**Institut Pasteur, 1978**).

## ✓ Annexe 2 : table de NNP

1 X 50 ml	5 X 10 ml	5 X 1 ml	Nombre caractéristique	Limites de confiance	
				Inférieure	Supérieure
0	0	0	<1		
0	0	1	1	<0,5	4
0	0	2	2	<0,5	6
0	1	0	1	<0,5	4
0	1	1	2	<0,5	6
0	1	2	3	<0,5	8
0	2	0	2	<0,5	6
0	2	1	3	<0,5	8
0	2	2	4	<0,5	11
0	3	0	3	<0,5	8
0	3	1	5	<0,5	13
0	4	0	5	<0,5	13
1	0	0	1	<0,5	4
1	0	1	3	<0,5	8
1	0	2	4	<0,5	11
1	0	3	6	<0,5	15
1	1	0	3	<0,5	8
1	1	1	5	<0,5	13
1	1	2	7	1	17
1	1	3	9	2	21
1	2	0	5	<0,5	13
1	2	1	7	1	17
1	2	2	10	3	23
1	2	3	12	3	28
1	3	0	8	2	19
1	3	1	11	3	26
1	3	2	14	4	34
1	3	3	18	5	53
1	3	4	21	6	66
1	4	0	13	4	31
1	4	1	17	5	47
1	4	2	22	7	59
1	4	3	28	9	85
1	4	4	35	12	100
1	4	5	43	15	120
1	5	0	24	8	75
1	5	1	35	12	100
1	5	2	54	18	140
1	5	3	92	27	220
1	5	4	160	39	450
1	5	5	>240		

## ✓ Annexe 3 : table de MAC GRADY

TABLE DE MAC GRADY POUR 3 TUBES PAR DILUTION

Nombre de tubes positifs au niveau de trois taux de dilutions retenus			NPP	Nombre de tubes positifs au niveau de trois taux de dilutions retenus			NPP
0	0	0	< 0,3	2	2	1	2,8
0	0	1	0,3	2	3	0	2,9
0	1	0	0,3	3	0	0	2,3
0	2	0	0,6	3	0	1	4
1	0	0	0,4	3	0	2	6
1	0	1	0,7	3	1	0	4
1	1	0	0,7	3	1	1	7
1	1	1	1,1	3	1	2	12
1	2	0	1,1	3	2	0	9
1	2	1	1,5	3	2	1	15
1	3	0	1,6	3	2	2	21
2	0	0	0,9	3	2	3	29
2	0	1	1,4	3	3	0	20
2	1	0	1,5	3	3	1	50
2	1	1	2,0	3	3	2	110
2	2	0	2,1	3	3	3	> 110