

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
**Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique**

جامعة 8 ماي 1945  
**Université 08 mai 1945 de Guelma**  
**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, et des Sciences de la Terre et  
de L'univers**



**Mémoire de Master**

**Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie**

**Filière : Sciences Biologiques**

**Spécialité/Option : Biologie Moléculaire et cellulaire**

---

**Thème : Contribution à l'étude de la qualité microbiologique de l'eau de  
quelques sources naturelles dans la région de Guelma**

---

**Présenté par :**

**Hocine Fatiha**

**Chaibderraine Madjida**

**Lahouareche Loubna**

**Kebbabsa Ines**

**Devant le jury composé de :**

**Présidente : Mme, Slimani Atika (M.A.A)**

**Université de Guelma**

**Examinatrice : Mlle. Haddidi Imane (M.A.B)**

**Université de Guelma**

**Encadreur : Mme, Bouteldja Meryem (M.A.B)**

**Université de Guelma**

**Juin 2022**

# Remerciements

*Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer nos profonde gratitude, avant tout à **Dieu** et le tout puissant qui nous avons aidé et nous avons donné le courage pour mener à terme ce modeste travail.*

*Tout d'abord, nous sincères remerciements et respects vont à notre encadreur Mme **Bouteldja Meryem**. Nous la remercions de tout cœur pour sa patience et sa confiance qu'elle a toujours accordée durant notre travailles. Nous la remercions également pour sa disponibilité sans faille, des précieux conseils et ses encouragements qui nous a aidé notre travaille, de nous avoir assistés en mettant à notre disposition tous les moyens et les ressources nécessaires à la réalisation de ce travail.*

*Nous sincères aux remerciements tous les membres du jury :*

*Mme, **Slimani Atika** d'avoir accepté l'honneur de présider ce jury et évaluer ce modeste travail.*

*Mme **Hadidi Imen** d'avoir d'accepter à participer à ce jury et d'examiner ce travail.*

*Nous tenons à remercier tous les enseignants de Faculté des Sciences de la Nature et de la vie et Sciences de la terre et d'univers depuis la première année.*

*Nous tenons aussi à remercier le groupe de laboratoire de Microbiologie pour l'aide qu'ils m'ont apporté dans la réalisation des analyses bactériologiques.*

*Merci aussi a toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin pour la réalisation de ce travail, Merci à nos proches.*

*Enfin, nous exprimons également tous le bonheur du monde à nos collègues de promotion du Master2 : Science Biologique option : Biologie Moléculaire et cellulaire '**BMC**'*





# **Dedicase**

*Je dédie ce modeste travail:*

*A Dieu, tout puissant, qui m'a donné la force, la santé et le courage de*

*Réaliser ce Précieux travail.*

*A mes plus chers êtres au monde ma mère Nadia et mon père Kamel*

*Pour leur encouragement, tendresse, amour et surtout*

*Leur soutien moral et matériel durant toutes les étapes de mes études*

*A l'homme de ma vie et mon âme pour leur amour et soutient*

*A ma sœur Souad et surtout son jumelle Chouchou et Joujoui, et*

*A mes sœurs Nejwa et Meryem*

*A mes frères Abd Latif et sa fille Jana, et Abd Rezak*

*A toute la famille Chaibderraine et Ghozlani*

*A mon encadreur Bouteldja Meryem (je vous remercie)*

*Et en fin*

*A toute ma promotion 2ème année master 2021/2022 et*

*A tous mes enseignants.*

*Ch. Mejda*





# *Dédicace*

Avant tout, louange à « **Allah** » qui m'a donné la capacité d'écrire et de réfléchir,  
la force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout du rêve et le bonheur.

*Je dédie le fruit de 18 ans de mes études surtout :*

Mes très chers Parents "**Belgacem et Malika**" sans, leurs amours, leurs sacrifices et  
leurs encouragements je ne serais jamais arrivée à réussir dans mes études. Je sais  
bien quel que soit les remerciements que je leur adresse c'est peu, que Dieu les  
protège et leur donne la santé et une longue vie.

A mes sœurs : « **Souad et rima** » et bien sûr à ses fils « **Kamel et Amine** »

A mon frère : « **Karim** »

A toute la famille « **Hocine** » et « **Zeghache** »

A mes cousins et cousines et surtout à ma chère qui est une sœur pour moi : « **Asia** »,  
que dieu les gardes.

A tous mes amis, sur tous à ma moitié « **Chourouk** »

Je leurs souhaite tout le bonheur du Monde.

À mon Professeur **Mme, Meriem Bouteldja** qui m'ont conseillé et soutenu.

J'associe à mes remerciements tous ceux qui m'ont aidé dans la Réalisation de ce  
mémoire et à tous ceux qui m'ont consacré temps, patience et conseils surtout dans le  
moment difficile.

*H. Fatima*





# Dedicase

*Je dédie ce travail :*

*A mon cher père mon soutien moral. Ce lui qui a été  
toujours derrière moi toutes ces années.*

*A ma chère mère ma source de joie, la lumière de mes  
jours que dieu la protège.*

*A mes très chères sœurs : Amína, Soumia, Chaïma et  
ritadje pour leurs conseils, aides et encouragements.*

*A l'homme de ma vie et mon soutien permanent : Achraf*

*Aux mes collèges d'étude qui étaient toujours à mes  
cotés dans cette expérience : Fatíha, Madjda, Ines, faiza.*

*A tous ceux que j'aime...*

*A mes professeurs et ma promotrice*

*Loubna*





# *Dédicace*

**Je remercie "ALLAH", pour m'avoir donné la force dans les moments Difficiles d'éditer ce mémoire.**

**A mes très chers parents pour tous vos sacrifices ; votre soutien ; Patience ; amour, attention et surtout pour votre confiance en moi.**

**Ma précieuse mère "Houria", qui a œuvré pour ma réussite par son amour, son soutien, tous ses sacrifices bref sa présence dans ma vie, et je souhaiterai que ce modeste travail soit l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.**

**Mon précieux père "Lakhder", j'espère que tu sois fier de moi et récolter le résultat de longues années de sacrifices ; de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit; Merci pour toutes les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanents que tu m' asoffert.**

**A mon frère Mohamed, mes sœurs adorées Dina, Sondes et Anfel et qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de tendresse, de courage et d'amour.**

**Pour toutes mes chères amies Sara ziad et Chams Khairouni avec les quelles j'ai dû passer les plus beaux 5ans de ma vie et qui n'ont jamais cessé de m'encourager.**

**Je remercie Hocine Fatiha , Bouchra lahouarech, mejda chaib pour les efforts faits durant ce trajet et les beaux moments qui ont facilité le passage de cette merveilleuse expérience.**

***Ines***

## Sommaire

|                               |           |
|-------------------------------|-----------|
| <b>Remerciement</b>           |           |
| <b>Liste des abréviations</b> |           |
| <b>Liste des tableaux</b>     |           |
| <b>Liste des figures</b>      |           |
| <b>Introduction .....</b>     | <b>01</b> |

### Partie: bibliographique

#### Chapitre I: Généralité sur l'eau

|  |    |
|--|----|
| 1.Généralité sur l'eau.....                            | 05 |
| 2.Le cycle de l'eau.....                               | 06 |
| 3.les ressources naturelles en eau.....                | 07 |
| 3.1.Eau de surface.....                                | 07 |
| 3.2.Eaux souterraines.....                             | 07 |
| 3.2.1.les eaux de source .....                         | 08 |
| a. Eau de source naturelle.....                        | 08 |
| b. Eau de source minérale.....                         | 08 |
| 4. Usage de l'eau.....                                 | 09 |
| 4.1. Usage domestique.....                             | 09 |
| 4.2. Usage industriel.....                             | 09 |
| 4.3. Usage agricole.....                               | 09 |
| 5.L'importance de l'eau.....                           | 10 |
| 6.Fonction de l'eau dans l'organisme .....             | 10 |
| 7.La pollution de l'eau.....                           | 12 |
| 7.1.Les principaux types de pollution de l'eau.....    | 12 |
| 7.2.L'origine de la pollution.....                     | 13 |
| 7.2.1.Phénomènes naturels .....                        | 13 |
| 7.2.2. L'activité humaine.....                         | 13 |
| a. Pollution domestique.....                           | 14 |
| b. Pollution industrielle.....                         | 14 |
| c. Pollution urbaine .....                             | 14 |
| d. Pollution agricole.....                             | 14 |
| 8. Les maladies causées par la pollution de l'eau..... | 15 |
| 8.1. Définition des maladies hydriques.....            | 15 |

|  |    |
|--|----|
| 8.2. les maladies d'origines bactériennes..... | 16 |
| 8.2.1.Le cholera.....                          | 16 |
| a. Mode de transmission.....                   | 16 |
| b. Symptômes .....                             | 17 |
| c. Principales caractéristiques.....           | 17 |
| 8.2.2.La fièvre typhoïde et paratyphoïde.....  | 18 |
| a. Mode de transmission.....                   | 19 |
| b. Symptômes .....                             | 19 |
| c. Principales caractéristiques.....           | 19 |
| 8.2.3.La dysenterie bacillaire.....            | 20 |
| a. Mode de transmission.....                   | 21 |
| b. Symptômes .....                             | 21 |
| c. Principales caractéristiques.....           | 22 |
| 8.2.4.La gastro-entérite aiguet diarrhée ..... | 22 |
| a. Mode de transmission.....                   | 23 |
| b. Symptômes .....                             | 23 |
| c. Principales caractéristiques.....           | 23 |
| 8.2.5.Infection cutanée.....                   | 24 |
| a. Mode de transmission.....                   | 24 |
| b. Symptômes .....                             | 25 |
| c. Principales caractéristiques.....           | 25 |

## **Chapitre II: Situation et description**

|   |    |
|---|----|
| 1. Description générale de la zone d'étude.....           | 27 |
| 1.1. Situation géographique de la wilaya de Guelma.....   | 27 |
| 2. Relief.....  | 28 |
| 3.Analyse et caractéristique géologique de la région..... | 29 |
| 3.1.Cadre géologique.....                                 | 29 |
| 4.Réseau hydrographique.....                              | 30 |
| 4.1.Hydrogéologie.....                                    | 30 |
| 4.2.Les principaux Oueds.....                             | 31 |
| 4.3.Cadre hydro géologique.....                           | 32 |
| 5.Etude climatologie .....                                | 32 |



|   |    |
|---|----|
| 5.1.Température.....                          | 17 |
| 5.1.1.Température moyennes mensuelles.....    | 33 |
| 5.2.Précipitation.....                        | 34 |
| 5.2.1.Précipitation moyenne mensuelle.....    | 34 |
| 5.3.L'humidité.....                           | 35 |
| 6.Synthèse climatique .....                   | 36 |
| 6.1. Indice d'aridité De Martonne.....        | 36 |
| 6.2. Diagramme pluviométrique de Gaussen..... | 37 |
| 6.3. Clima gramme d'Emberger.....             | 38 |

## **Partie: Expérimental**

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

|   |    |
|---|----|
| 1. Les Sites de prélèvement.....  | 40 |
| 2. Mode de prélèvement.....   | 40 |
| 3.Transportetconservation.....  | 41 |
| 4.Analyse bactériologique.....  | 42 |
| 4.1. Recherche et dénombrement des germes revivifiables.....                        | 43 |
| 4.2. Recherche et dénombrement des coliformes en milieux liquides(méthode de N..... | 45 |
| a. Rechercheet dénombrementdes coliformestotauxetfécaux <i>E. coli</i> .....        | 45 |
| b. Rechercheet dénombrement des Streptocoques fécaux.....                           | 48 |
| c. Recherche et dénombrement des bactéries anaérobies sulfito-réductrices.....      | 51 |
| d. l'origine de la contamination fécale.....  | 52 |
| 4.3. Recherche des germes pathogènes.....   | 53 |
| a. Recherche des Salmonelles.....   | 53 |
| b. Recherche des Staphylocoques.....  | 55 |
| c. Recherche de <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .....                                 | 56 |
| d. Recherche de shigella.....   | 58 |
| e. Recherche de Vibrio cholériques.....   | 59 |
| 4.4. Identifications morphologique et enzymologiques des germes pathogènes.....     | 60 |
| 4.4.1.Recherche de l'oxydase.....   | 61 |
| 4.4.2.Recherche de catalase.....  | 62 |
| 4.4.3.Recherche de staphylocoagulase.....   | 62 |

## Chapitre IV: Résultat et Discussion

|  |    |
|--|----|
| 1. Résultats d'analyses bactériologique.....                                   | 65 |
| 1.1. Résultat des germes totaux.....   | 65 |
| 1.2. Résultat des coliformes totaux et coliformes fécaux <i>E.coli</i> .....   | 67 |
| 1.2.1. Résultat les Coliformes totaux(CT).....                                 | 67 |
| 1.2.2. Résultat les Coliformes fécaux(CF).....                                 | 68 |
| 1.3. Résultat des Streptocoques fécaux.....                                    | 70 |
| 1.4. Résultat de la détermination de l'origine de la contamination fécale..... | 71 |
| 1.5. Résultat des bactéries anaérobies sulfite-réductrices(ASR).....           | 72 |
| 1.6. Résultats des germes pathogènes.....                                      | 74 |
| 1.6.1. Résultat des salmonelles.....   | 74 |
| 1.6.2. Résultat des staphylocoques.....  | 76 |
| 1.6.3. Résultat des vibrio cholériques.....                                    | 77 |
| 1.6.4. Résultat des shigelles.....   | 79 |
| 1.6.5. Résultat des pseudomonas.....   | 80 |
| <b>Conclusion</b> .....  | 83 |

### Références bibliographiques

### Résumé

### الملخص

### Abstract

### Annexes



# Liste des abréviations

## Liste des abréviations

### Liste des abréviations

|                            |  |
|----------------------------|--|
| <b>% :</b>                 | Pourcentage                                |
| <b>(-) :</b>               | Négatif                                    |
| <b>(+) :</b>               | Positif                                    |
| <b>± :</b>                 | Plus ou moins                              |
| <b>° C:</b>                | Degré Celsius                              |
| <b>° :</b>                 | Degré                                      |
| <b>ASR :</b>               | Anaérobies sulfito-réducteurs              |
| <b>BCPL :</b>              | Bouillon lactose au pourpre de bromocrésol |
| <b>CF :</b>                | Coliformes fécaux                          |
| <b>CT :</b>                | Coliformes totaux                          |
| <b>D/C :</b>               | Double concentration                       |
| <b><i>E.coli</i> :</b>     | <i>Escherichia coli</i>                    |
| <b>EPA :</b>               | eau peptone alcaline                       |
| <b>Fig :</b>               | Figure                                     |
| <b>GNAB :</b>              | Gélose nutritive Alcaline et bilée         |
| <b>GPS :</b>               | Système de positionnement par satellites   |
| <b>H :</b>                 | Hydrogène                                  |
| <b>H<sub>2</sub>O :</b>    | Eau  |
| <b>Hm<sup>3</sup>/an :</b> | Hectomètre cube par an                     |
| <b>Km :</b>                | Kilomètre                                  |
| <b>Km<sup>3</sup> :</b>    | Kilomètre cube                             |
| <b>m :</b>                 | Mètre                                      |
| <b>m<sup>3</sup> :</b>     | Mètre cube                                 |
| <b>m<sup>3</sup>/an :</b>  | Mètre cube par an                          |
| <b>min :</b>               | Minute                                     |
| <b>ml :</b>                | Millilitre                                 |
| <b>mm :</b>                | Millimètres                                |
| <b>Mm/an :</b>             | Millimètres par an                         |



## Liste des abréviations

|                 |   |
|-----------------|---|
| <b>NPP :</b>    | Nombre le plus probable                                     |
| <b>O :</b>      | Oxygène   |
| <b>OMS :</b>    | Organisation mondiale de santé                              |
| <b>ONM :</b>    | Office National de la météorologie                          |
| <b>P :</b>      | Précipitations moyennes annuelles                           |
| <b>pH :</b>     | Potentielle Hydrogène                                       |
| <b>Q2 :</b>     | Quotient pluviométrique                                     |
| <b>S/C :</b>    | Simple concentration  |
| <b>SF :</b>     | Streptocoques fécaux  |
| <b>SFB :</b>    | Sélénite-f Broth  |
| <b>SS :</b>     | Salmonella-Shigella   |
| <b>T :</b>      | Température moyennes annuelles                              |
| <b>TGEA :</b>   | Gélose numération : Gélostryptone-glucose-Extrait de levure |
| <b>UFC :</b>    | Unité formant colonie                                       |
| <b>UFC/ml :</b> | Unité formant colonie par millimètre                        |
| <b>VF :</b>     | Viande Foie   |
| <b>µm :</b>     | Micromètre  |

A decorative horizontal border with a scroll-like appearance, featuring a vertical bar on the left and a small circular element on the right.

# Liste des tableaux



### Liste des tableaux

| Numéro        | Titre  | Page      |
|---------------|--|-----------|
| <b>Tab.01</b> | Principaux agents bactériens pathogènes présents dans les fèces et les maladies transmises       | <b>15</b> |
| <b>Tab.02</b> | Caractéristiques géographiques et topographique de la station de Guelma.                         | <b>33</b> |
| <b>Tab.03</b> | L'humidité moyenne mensuelle à Guelma en 2002 jusqu'à 2015(Station météorologique de Guelma).    | <b>35</b> |
| <b>Tab.04</b> | Positions géographique des sources échantillonnées   | <b>41</b> |
| <b>Tab.05</b> | Origine de la pollution selon le rapport coliformes fécaux/streptocoques fécaux (CF/SF).         | <b>71</b> |
| <b>Tab.06</b> | Résultats de l'identification biochimique des colonies isolées sur gélose Hektoen (salmonelles). | <b>75</b> |
| <b>Tab.07</b> | Résultats de l'identification biochimique de <i>staphylocoques aureus</i> .                      | <b>77</b> |
| <b>Tab.08</b> | Résultats de l'identification biochimique des <i>Vibrio cholériques</i>                          | <b>79</b> |
| <b>Tab.09</b> | Résultats de l'identification biochimique des shigelles  | <b>80</b> |



# Liste des Figures



## Liste des Figures

| Numéro        | Titre  | Page      |
|---------------|--|-----------|
| <b>Fig.01</b> | Géométrie de la molécule d'eau   | <b>05</b> |
| <b>Fig.02</b> | Cycle général de l'eau   | <b>07</b> |
| <b>Fig.03</b> | Les teneurs en eau de différents organes d'un corps humain adulte                                      | <b>11</b> |
| <b>Fig.04</b> | Les apports et les pertes de l'eau dans le corps humain  | <b>12</b> |
| <b>Fig.05</b> | La pollution de l'eau  | <b>13</b> |
| <b>Fig.06</b> | L'indice de choléra dans le monde  | <b>16</b> |
| <b>Fig.07</b> | Observation microscopique de <i>Vibrio cholerae</i>  | <b>18</b> |
| <b>Fig.08</b> | Evolution de l'indice annuelle de la fièvre typhoïde en Algérie (2000-2015)                            | <b>18</b> |
| <b>Fig.09</b> | Observation microscopique de <i>Salmonella typhimurium</i>   | <b>20</b> |
| <b>Fig.10</b> | L'indice de dysenterie en Algérie (2000-2011)  | <b>21</b> |
| <b>Fig.11</b> | Observation microscopique de <i>Shigella dysenteriae</i>   | <b>22</b> |
| <b>Fig.12</b> | Observation microscopique d' <i>E. coli</i>  | <b>24</b> |
| <b>Fig.13</b> | Observation microscopique de <i>Staphylococcus aureus</i>  | <b>25</b> |
| <b>Fig.14</b> | Localisation géographique de la région d'étude   | <b>27</b> |
| <b>Fig.15</b> | Géomorphologie de la région de Guelma  | <b>28</b> |
| <b>Fig.16</b> | Carte de présentation de réseau hydrographique de bassin versant de la Seybouse                        | <b>32</b> |
| <b>Fig.17</b> | Histogramme des températures moyennes mensuelles à la station météorologique de Guelma (2002 à 2015).  | <b>34</b> |
| <b>Fig.18</b> | Histogramme de la précipitation moyenne mensuelle à la station météorologique de Guelma (2002 à 2015). | <b>35</b> |
| <b>Fig.19</b> | Variation de l'humidité moyenne mensuelle : station de Guelma (2002-2015).                             | <b>36</b> |
| <b>Fig.20</b> | Diagramme pluviométrique de Gausson pour la région de Guelma (2002-2015)                               | <b>37</b> |

|               |  |           |
|---------------|--|-----------|
| <b>Fig.21</b> | Situation de Guelma dans le climagramme d'Emberger (1955).   | <b>38</b> |
| <b>Fig.22</b> | Localisation des six zones d'études sur la carte des limites administratives de la wilaya de Guelma (1/500 000ème) | <b>40</b> |
| <b>Fig.23</b> | Les six sources de l'eau que nous avons étudiées   | <b>42</b> |
| <b>Fig.24</b> | Protocole de recherche et dénombrement des microorganismes revivifiables à 22°C et 37°C dans les eaux              | <b>45</b> |
| <b>Fig.25</b> | Protocole de recherche et dénombrement des coliformes  | <b>48</b> |
| <b>Fig.26</b> | Protocole de Recherche et dénombrement des Streptocoque fécaux   | <b>50</b> |
| <b>Fig.27</b> | Recherche et dénombrement des spores des anaérobies sulfite réducteurs (ASR)                                       | <b>52</b> |
| <b>Fig.28</b> | Protocole de recherche et identification des Salmonelles   | <b>54</b> |
| <b>Fig.29</b> | Protocole de recherche de <i>Staphylococcus</i>  | <b>56</b> |
| <b>Fig.30</b> | Protocole de recherche de Pseudomonas  | <b>57</b> |
| <b>Fig.31</b> | Protocole de recherche des Shigelles   | <b>58</b> |
| <b>Fig.32</b> | Protocole de recherche de <i>Vibrio cholerae</i>   | <b>60</b> |
| <b>Fig.33</b> | Recherche d'oxydase  | <b>61</b> |
| <b>Fig.34</b> | Technique de catalase  | <b>62</b> |
| <b>Fig.35</b> | Recherche de l'enzyme coagulase  | <b>63</b> |
| <b>Fig.36</b> | Evolution des germes revivifiables à 37°C de l'eau de six sources (Février et Mars 2022).                          | <b>65</b> |
| <b>Fig.37</b> | Evolution des germes revivifiables à 22°C de l'eau de six sources (Février et Mars 2022).                          | <b>66</b> |
| <b>Fig.38</b> | Résultat de la recherche à des germes totaux (revivifiables).  | <b>67</b> |
| <b>Fig.39</b> | Variation CT (Coliformes totaux) /100 ml des eaux de six sources (Février et Mars, 2022).                          | <b>67</b> |

|               |   |           |
|---------------|---|-----------|
| <b>Fig.40</b> | Variation des CF (Coliformes fécaux) /100 ml des eaux de six sources (Février et Mars, 2022).           | <b>69</b> |
| <b>Fig.41</b> | Résultat obtenue lors de la recherche des coliformes fécaux   | <b>70</b> |
| <b>Fig.42</b> | Variation des SF (Streptocoques fécaux) /100 ml des eaux de six sources (Février et Mars 2022).         | <b>70</b> |
| <b>Fig.43</b> | Variation des ASR/20ml (anaérobies sulfito-réductrices) des eaux de six sources (Février et Mars 2022). | <b>73</b> |
| <b>Fig.44</b> | Résultat obtenue par la recherche des ASR.  | <b>74</b> |
| <b>Fig.45</b> | Les valeurs des germes salmonella de six sources d'eau (Février et Mars, 2022).                         | <b>74</b> |
| <b>Fig.46</b> | Les valeurs des germes <i>staphylococcus aureus</i> de six sources d'eau (Février et Mars, 2022).       | <b>76</b> |
| <b>Fig.47</b> | Le test catalase positif des <i>staphylococcus aureus</i>   | <b>77</b> |
| <b>Fig.48</b> | Le test oxydase positif des <i>staphylococcus aureus</i>  | <b>77</b> |
| <b>Fig.49</b> | Les valeurs des germes Vibrio cholérique de six sources d'eau (Février et Mars, 2022).                  | <b>78</b> |
| <b>Fig.50</b> | Les valeurs des shigelles dénombrées dans les six sources d'eau (Février et Mars, 2022).                | <b>79</b> |





# Introduction

### Introduction

L'eau constitue un élément essentiel dans la vie et dans l'activité humaine. C'est une composante majeure du monde minéral et organique. Elle participe à toutes les activités quotidiennes notamment, domestiques, industrielles et agricoles ce qui la rend un élément récepteur exposé à tous les genres de pollution. Elle est aussi considérée comme un transporteur potentiel de nombreuses maladies (**Laidani et al., 2009**).

La qualité de l'eau est influencée par un large éventail de phénomènes naturels et anthropiques. Différents processus naturels (hydrologiques, physiques, chimiques et biologiques) peuvent nuire aux caractéristiques des éléments et des composés chimiques de l'eau douce. De plus, plusieurs impacts anthropiques peuvent dégrader la qualité de l'eau comme l'activité industrielle, l'usage agricole ou des chantiers d'ingénierie fluviale (**Chapman, 1996**).

Les eaux souterraines représentent environ 97 % du total des eaux douces continentales liquides (**Bosca, 2002**). D'après **Merzoug et al., (2010)**, 75 à 90% de la population mondiale utilisent une eau d'origine souterraine. Cette dernière constitue une excellente source d'eau douce et le plus souvent une eau de bonne qualité. Cependant, leur exploitation représente un avantage économique estimable, pour le maintenir. C'est pour cela, il est nécessaire de prendre des mesures pérennes de protection de la qualité de cette richesse (**Schrivver-Mazzuoli, 2012**).

Étant donné que la consommation d'une eau souillée contenant des microorganismes pathogènes, est à l'origine de nombreuses maladies. Elle constitue un véritable problème de santé publique. Où dans les pays où les conditions sanitaires sont respectées, les organismes pathogènes sont le plus souvent à l'origine de gastro-entérites qui restent en général à des niveaux endémiques. Alors que, dans les pays où les conditions sanitaires sont douteuses, les maladies d'origines hydriques peuvent entraîner des épidémies nettement plus graves (**OMS, 1994**).

C'est pourquoi, le contrôle de la qualité de l'eau joue un rôle important dans la santé publique car celle-ci est susceptible d'engendrer des altérations catastrophiques sur le sol, sur l'organisme humain et même de toucher à la santé de toute une population (**Roux, 1987**).

Dans la Wilaya de Guelma, le site de notre étude, les eaux souterraines ont toujours été une source incontournable d'approvisionnement en eau potable. Vue cette situation et

l'importance majeure des eaux des sources dans la région de Guelma. Le présent travail s'intéresse et contribue à l'étude de la qualité bactériologique de l'eau de certaines sources d'eau (Ain kton, Ain Besbassa, Ain Sellaoua, Ain ksar, Ain Lebachra et Ain Remale) situés dans certaines régions de la Wilaya de Guelma, Est de l'Algérie, afin de faire un diagnostic général et de mesurer les risques sanitaires auxquels sont exposées les personnes qui les utilisent pour leurs besoins.

Afin de réaliser cette étude et atteindre nos objectifs, nous avons structuré notre démarche en deux parties interdépendantes :

- I.** La partie bibliographique avec deux chapitres qui décrivent des généralités sur l'eau, l'importance de l'eau et d'autre part les différents types de pollution et leurs conséquences sur la santé humaine ainsi que la situation et la description de la région d'étude.
- II.** La partie expérimentale avec deux chapitres :
  - Le premier chapitre porte sur la description du matériel et les méthodes d'analyse utilisées pour la réalisation de ce travail : Analyses bactériologiques (recherche et dénombrement de microorganismes) de l'eau.
  - Le deuxième chapitre est consacré à la présentation des résultats obtenus ainsi que leur discussion
  - Une conclusion générale clôturera ce travail où sont récapitulés les principaux résultats obtenus.



# **Chapitre I :**

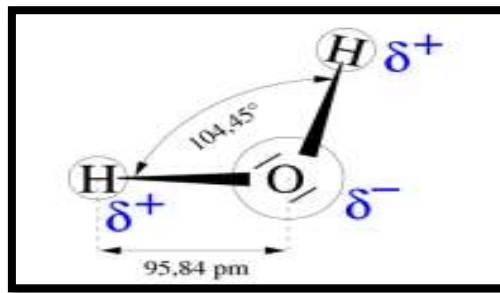
## **Généralité sur l'eau**



## 1. Généralité sur l'eau

L'eau du latin « aqua », est un corps chimique, incolore, inodore et insipide, généralement neutre et liquide à température ordinaire. L'eau est un élément constitutif du milieu naturel dans l'écosystème, c'est également un élément indispensable à toute forme de vie sur notre planète (**Anglaret, 2002**).

L'eau ( $H_2O$ ), est un des composés chimiques les plus remarquables, composés d'un atome d'hydrogène et de deux atomes d'oxygène (**Fig. 01**). O et H ont des électronégativités différentes (respectivement 3,5 et 2,2), il est l'une des plus grandes énigmes de la physique. Tous corps se contractent à la congélation et deviennent plus dense, alors que la glace, plus légère que l'eau liquide, flotte.



**Figure 01** : Géométrie de la molécule d'eau (**Perraud, 2009**).

L'eau a des propriétés physico-chimiques assez remarquables par rapport aux autres liquides, car c'est un excellent solvant, elle solubilise de nombreux gaz, corps minéraux et organiques, ionise les électrolytes et disperse les aloïdes.

L'eau se retrouve dans l'écosphère sous trois états : solide, liquide et gazeux dépendant des conditions particulières de température et de pression (**Michard, 2002**). Il est un élément naturel d'une importance primordiale, indispensable à toute forme de vie, l'eau est une richesse nécessaire à toutes activités humaines, c'est un facteur de production déterminant dans le développement durable, elle devient de plus en plus au centre des intérêts stratégiques (**Bazizi, 2008**).

Cependant, la majeure partie de l'eau (environ 97 %) est contenue dans les océans et les salée, ce qui la rend inutilisable pour l'homme, contrairement l'eau douce n'en représente que

2,6 %. La que seulement sa moitié représente l'eau disponible pour l'usage humain avec 0,3 % du volume d'eau de la planète(RPDE, 2007).

## 2. Le cycle de l'eau

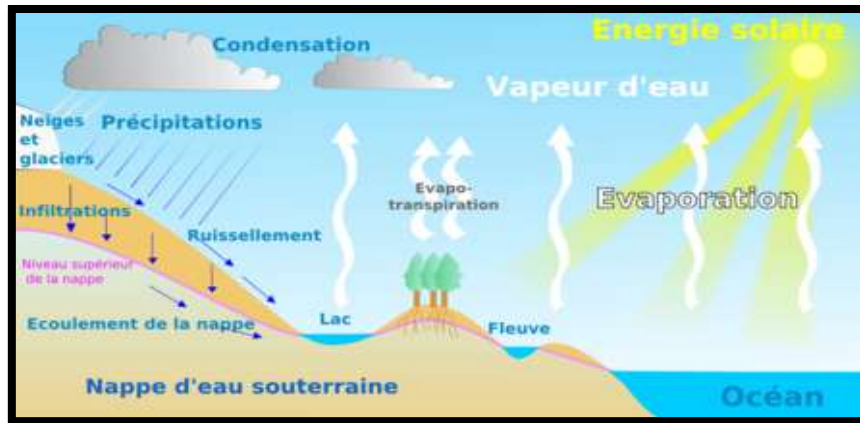
La connaissance de l'origine de l'eau, de son cycle, de sa dynamique dans la nature et sa répartition dans l'espace et dans le temps est une donnée fondamentale (**Beliefert et Perraud, 2001**). Toute cette eau se transforme et circule en permanence dans l'atmosphère, la surface et dans le sous-sol de notre terre : c'est le cycle de l'eau (**Vilagines, 2003**).

Le moteur de ce cycle est le soleil, grâce à l'énergie thermique qu'il rayonne, il active et maintient constamment les masses d'eau en mouvement.

Ce cycle se divise en deux parties intimement liées (**Fig.02**). Une partie atmosphérique qui concerne la circulation de l'eau dans l'atmosphère, sous sa forme de nuages qui poussées par le vent rencontrent des masses d'air froid et retombent sous forme de précipitations pluvieuses ou neigeuses [1].

L'eau qui ruisselle parvient directement au cours d'eau ou s'infiltré dans le sol et rejoint les nappes souterraines. Elle traverse des couches de plus en plus profondes du sol et va abandonner dans son cheminement la quasi-totalité des impuretés dont elle s'était chargée. Une partie terrestre qui concerne l'écoulement de l'eau sur les continents, qu'il soit superficiel ou souterrain, ces dernières circulent, une partie se jetant directement dans la mer et le reste venant alimenter les rivières à leur source (**Bouziati, 2000**).

En plus, l'eau peut revenir directement à sa phase liquide dans l'atmosphère par la transpiration des végétaux qui éliminent ainsi une partie de l'eau contenue dans le sol et conserve une partie de l'eau de pluie dans leur feuillage (**Valverde, 2008**).



**Figure 02 :** Cycle général de l'eau[2].

### 3. Les ressources naturelles en eau

L'eau existe dans la nature sous plusieurs formes et sa répartition sur le globe est inégale, cela est dû au climat et la structure du sol. Sur la terre, approximativement 3% de toute l'eau est de l'eau douce. Les eaux souterraines représentent 95% de celle-ci, l'eau de surface 3.5% et l'humidité des sols 1.5%. Sur toute cette eau douce présente sur la terre, seulement 0.36% est prête à l'usage (**Vilaginés, 2000**).

#### 3.1. Les eaux de surface

Également appelées eaux superficielles, sont constituées par opposition aux eaux souterraines, de l'ensemble des masses d'eau courantes ou stagnantes, douce, saumâtres ou salées qui sont en contact direct avec l'atmosphère [2].

Elles proviennent soit par des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit par les eaux de ruissellement (fleuves, rivières, barrages, mares, marigots) (**Dergremont, 2005**).

Elles sont caractérisées par une surface d'échange eau-atmosphère quasiment immobile, une profondeur qui peut être importante et un temps de séjour appréciable. Les eaux de surface sont fréquemment utilisées dans les régions à forte densité de populations ou très industrialisées [3].

Sa température varie en fonction du climat et des saisons, et ses matières en suspension sont variables selon la pluviométrie, la nature et le relief des terres à son voisinage.

Concernant sa composition en sels minéraux est variable en fonction du terrain, de la pluviométrie et des rejets. Une eau de surface est ordinairement riche en oxygène et pauvre en dioxyde de carbone (**Degremon, 2015**).

### **3.2. Les eaux de souterraines**

Ce sont les eaux qui ne sont ni évaporées, ni retournées à la mer par ruissellement, elles s'infiltrent dans le sol et dans le sous-sol et s'y accumulent (**Boeglin, 2006**).

Les eaux souterraines constituent une excellente source d'eau douce et le plus souvent une eau de bonne qualité. Cependant, leur exploitation représente un avantage économique estimable, pour le maintenir, il est nécessaire de prendre des mesures pérennes de protection de la qualité de cette richesse (**Schrivier et Mazzuoli, 2012**).

Elles proviennent principalement des eaux superficielles, d'accroissement de la condensation de la vapeur d'eau atmosphérique dans les cavités karstique, ou dans les pores de terrains, généralement présentent une bonne qualité bactériologique, une température et une composition chimique constante (**Chalgout et Naili, 2017**).

#### **3.2.1. Les eaux de sources**

Les eaux de sources sont formées par les eaux d'infiltrations, elles constituent 20% des réserves d'eaux sur terre soit environ 1000 millions de m<sup>3</sup> ; Une eau de source est une eau d'origine souterraine, microbiologiquement saine et protégée contre les risques de pollution. A l'émergence et au cours de la commercialisation, elle respecte ou satisfait les mêmes limites ou références de qualité, portant sur des paramètres microbiologiques et physico-chimiques, définies pour les eaux potables. Une eau de source est exploitée par une ou plusieurs émergences naturelles ou forées (**Debabza, 2005**).

##### **a. Eau de source naturelle**

Une eau de source est une eau d'origine souterraine, ayant bénéficié d'une protection contre la pollution, et n'ayant subi ni traitement chimique, ni adjonction. Elle doit donc être naturellement conforme. Elle doit satisfaire les critères de potabilité (**Alouane, 2012**).

##### **b. Eau de source minérale**



Une eau minérale naturelle est également une eau d'origine souterraine, protégée de toute pollution. Ses caractéristiques chimiques doivent être stables. L'eau minérale n'est pas potable au sens réglementaire (on ne pourrait pas la distribuer au robinet). En effet, elle contient des substances minérales en quantités trop importantes pour pouvoir servir de boisson exclusive.

Les eaux minérales font donc l'objet d'autorisations spécifiques, après analyse de leurs effets thérapeutiques et peuvent être classées selon leurs teneurs en minéraux en eau très peu minéralisée, eau sulfatée calcique et eau bicarbonatée sodique (**Alouane, 2012**).

#### 4. Usage de l'eau

L'eau est une substance indispensable à tous les êtres vivants : hommes, animaux et plantes. Elle est également nécessaire à toutes les activités développées par l'homme. On peut ainsi distinguer différents usages de l'eau.

##### 4.1. Usage domestique

Il comprend les prélèvements d'eau de consommation personnelle, ceux des établissements commerciaux, services publics et autres usages municipaux. Il peut inclure des données de prélèvements d'usines raccordées au système d'égout (**Grosconde G, 1999**).

Selon **Defrance Schki (1996)**, un habitant consomme 230L par jour, n'en utilise que seulement 1% pour la boisson et 6% pour la préparation de la nourriture, les 93% restant sont consacrés aux bains-douches: (39%) aux sanitaires, (20%) au lavage le linge, (12%) de la vaisselle, (10%) à des usages domestiques divers, (6%) aux lavage des voitures et arrosage du jardin.

##### 4.2. Usage industriel

L'industrie est consommatrice d'eau, ses prélèvements concernent les usines non raccordées au système d'égout municipal (**Julien, 2007**). Elle peut être utilisée dans l'entretien (lavage, nettoyage), dans le transport hydraulique, dans les fluides du système de refroidissement utilisé par des usines. Dans la production d'aliments, de substances primaires dans l'industrie de production, ou de solvants et milieux réactionnels dans l'industrie chimique par exemple (**Degremont, 1989**).

### 4.3. Usage agricole

L'agriculture est la principale consommatrice d'eau. Les prélèvements incluent l'irrigation et l'élevage du bétail (**Ramade, 1981**). D'après (**Shiklomanov, 1999**) et (**Marsily, 2006**), ces prélèvements sont peu importants dans les pays tempérés, mais plus le climat est sec, plus l'agriculture doit avoir recours à l'irrigation et plus sa part dans les prélèvements augmente.

### 5. L'importance de l'eau

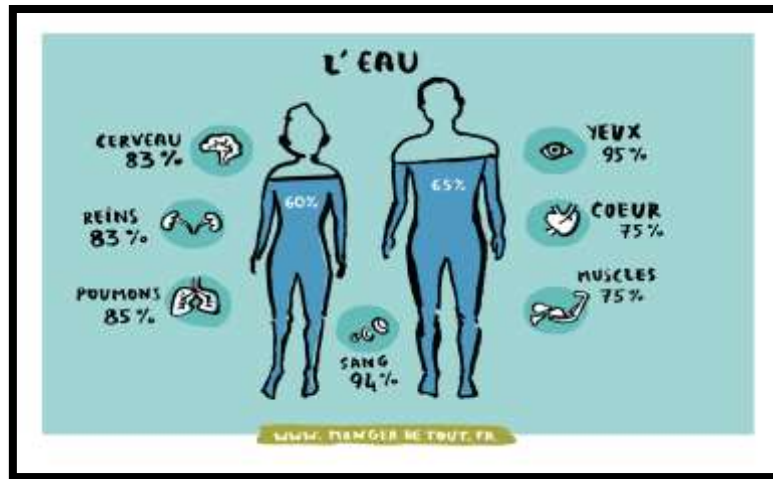
L'eau est un élément essentiel à la vie et au fonctionnement global de la planète terre, car elle atteint 70-80% de la surface totale de la terre. Elle est au cœur des écosystèmes naturels et de la régulation climatique (**Lassoued et Touhami, 2008**).

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...) (**Monod, 1989**).

Chaque être vivant a besoin d'eau pour sa survie. Sans eau, les plantes, les animaux, tout, périrait. Nos corps sont composés d'environ 75% d'eau. Donc, nous marchons littéralement avec des sacs d'eau. L'eau permet à notre sang de circuler à travers les vaisseaux sanguins, fournissant ainsi au corps des nutriments essentiels. L'eau permet également d'éliminer les déchets du corps via le système excréteur [5].

### 6. La fonction de l'eau sur l'organisme humain

L'eau est le principal constituant du corps humain et assure un rôle vital pour l'organisme. Elle est répartie dans l'ensemble des organes (**Fig.03**), à l'extérieur et à l'intérieur des cellules. La quantité moyenne d'eau contenue dans un organisme adulte est de 65 %, ce qui correspond à environ 45 litres d'eau pour une personne de 70 kilogrammes [6].



**Figure 03** : Les teneurs en eau de différents organes d'un corps humain adulte[7].

L'eau est répartie dans le corps entre deux principaux compartiments :

- **L'eau intra-cellulaire** = eau se trouvant à l'intérieur des cellules. Elle représente 2/3 de l'eau totale et permet aux molécules d'être transportées dans les cellules.
- **L'eau extra-cellulaire** = eau présente dans le liquide plasmatique et le liquide interstitiel. Elle représente 1/3 de l'eau totale et assure plusieurs rôles : elle aide à contrôler le mouvement des électrolytes (sodium, chlorure), permet l'apport d'oxygène dans les cellules, et élimine les déchets métaboliques[8].

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

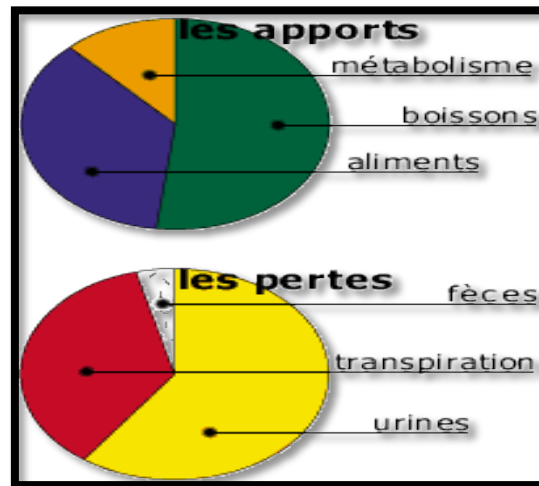
- Elle participe aux nombreuses réactions chimiques dont le corps humain est le siège ;
- Elle assure le transit d'un certain nombre de substances dissoutes indispensables aux cellules ;
- Elle aide au maintien d'une température constante à l'intérieur du corps [6].

#### ➤ Eau et équilibre hydrique

L'équilibre hydrique du corps est étroitement régulé afin de garantir son homéostasie (régulation des paramètres tels que la température, la pression, le degré d'acidité, le taux de sucre...), et de faire face aux variations dues aux pertes d'eau.

- **Les pertes en eau** interviennent principalement à travers l'urine et la sueur, mais également les selles, ainsi qu'à travers la peau et la respiration.

- **Le renouvellement** de l'eau du corps est entretenu par l'eau ingérée qui compense les pertes constantes. Cela permet au corps de maintenir son équilibre hydrique. Ces apports se font à 70-80% par l'eau et les boissons et à 20-30% par l'eau des aliments[8] (Fig.04).



**Figure 04** : les apports et les pertes de l'eau dans le corps humain [8].

## 7. La pollution de l'eau

La pollution de l'eau décrit généralement l'introduction ou la présence des substances nocives ou inacceptables dans l'ampleur suffisante pour modifier les indices de qualité de l'eau naturelle (Nsikak, 2008). Elle est actuellement placée en tête des problèmes de l'environnement car l'eau est une interface entre l'air et le sol subit donc la dégradation de ces deux milieux (Bouziani, 2000).

On appelle pollution de l'eau toute modification chimique, physique ou biologique de la qualité de l'eau qui a un effet nocif sur les êtres vivants la consommant. Quand les êtres humains consomment de l'eau polluée, il y a en général des conséquences sérieuses pour leur santé. La pollution de l'eau peut aussi rendre l'eau inutilisable pour l'usage désiré [9].

### 7.1. Les principaux types de pollution de l'eau

- La pollution bactériologique** : Il s'agit de bactéries qui proviennent principalement des rejets d'eaux usées (non traitées) contenant de la matière fécale et des déchets organiques.



- b. **La pollution chimique** : Provient généralement des rejets des eaux usées contenant des produits d'entretien, des hydrocarbures et des métaux lourds.
- c. **La pollution par les déchets aquatiques** : Elle est définie comme tout matériau ou objet fabriqué utilisé au profit de l'humanité qui est directement ou indirectement jeté ou abandonné dans les milieux aquatiques (Fig. 05) [10].



Figure 05 : la pollution de l'eau [11].

## 7.2. L'origine de la pollution de l'eau

Souvent anthropique, c'est-à-dire due directement ou indirectement à l'activité humaine, la pollution peut cependant résulter de phénomènes naturels tels qu'une éruption volcanique ou solaire [12].

### 7.2.1. Phénomènes naturels

Certains phénomènes naturels peuvent être à l'origine de la pollution des eaux et sont identifiés en relation avec les éruptions volcaniques, des épanchements sous-marins, d'hydrocarbures, le contact avec les filons, ou gisements d'éléments toxiques et la présence d'une thermo-minérale (Chibani, 2009).

### 7.2.2. L'activité humaine

C'est une pollution qui est due suite à la forte activité urbaine, domestique, industrielle et agricole.

### a. Pollution domestique

Elle est généralement liée aux rejets d'eaux usées. Les eaux usées issues de l'utilisation d'eau quotidien (toilettes, cuisine, douche...) contiennent des déchets organiques ou de la matière fécale. Les habitations mal ou non raccordées au réseau d'assainissement collectif peuvent ainsi engendrer une pollution bactériologique de l'eau.

Les produits ménagers que nous utilisons sont chargés des polluants chimiques nocifs pour l'environnement. Mélangé à l'eau, ils terminent dans nos canalisations ou dans la nature et engendrent une pollution chimique [13].

### b. Pollution industrielle

Un grand nombre d'opérations industrielles et manufacturières rejettent des agents polluants directement ou indirectement dans les sources d'eau environnantes (**Chibani, 2009**). Ces polluants sont caractérisés par une grande diversité, suivant l'utilisation de l'eau dans le processus de refroidissement, de lavage, d'extraction, de mise en solution et de l'activité des usines (**Benchabane et Merzoug, 2015**).

### c. Pollution urbaine

En milieu urbain les sources de pollution sont facilement identifiables, ce sont essentiellement les eaux pluviales, les résidus de traitement de la pollution domestique ainsi que les résidus de traitement des ordures ménagères. Elle est caractérisée par :

- ❖ Une teneur importante de matières minérales en suspension (sable, gravier, poussière);
- ❖ La présence de nombreux débris solides;
- ❖ Des fortes concentrations en toxiques et hydrocarbures provenant essentiellement des lessivages, résidus d'échappement des véhicules, résidus de corrosion des équipements métalliques (**Boucherit et Hakimi, 2016**).

### d. Pollution agricole

La pollution liée à l'agriculture est causée par l'utilisation anarchique d'engrais, de pesticides et d'herbicides ou de fongicides. Les méthodes modernes exigent parfois des labourages profonds et violents, ce qui favorise l'infiltration directe des polluants ( $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{PO}_4$  et  $\text{Cl}$ ) vers la nappe phréatique (**Boucherit et hakimi, 2016**).

L'agriculture, l'élevage et l'aviculture sont des activités responsables de rejets de nombreux polluants organiques et inorganiques. Ces polluants atteignent les cours d'eau par le ruissellement de surface ou par l'écoulement souterrain (Bouras et Sekfali, 2013).

## 8. Les maladies causées par la pollution de l'eau

### 8.1. Définition des maladies hydrique

Les maladies hydriques sont toutes les maladies causées par la consommation d'eau contaminée par microorganismes pathogènes ou à des produits chimiques présents dans l'eau.

L'eau contaminée pénètre le plus souvent dans l'organisme par ingestion; toutefois, les contaminants de l'eau peuvent aussi être inhalés ou absorbés, ou peuvent pénétrer dans le corps par les plaies ouvertes.

La majorité des symptômes induits par les agents pathogènes d'origine hydrique sont d'ordre entérique (nausées, vomissements et diarrhées et, plus rarement, colites). D'autres symptômes peuvent cependant être d'ordre neurologique, cardiovasculaire, respiratoire (Legionella), oculaire (toxoplasmose), hématologique (septicémie causée par *E. coli* O157:H7) ou dermatologique.

Les bactéries pathogènes ne sont pas toujours omniprésentes dans les matières fécales contrairement aux bactéries indicatrices de pollution fécale (TAB. 01) (Alia S et al., 2018).

**Tableau 01 :** Principaux agents bactériens pathogènes présents dans les fèces et les maladies transmises (Alia S et al., 2018).

| Famille                   | Genre                 | Espèce                            | Maladie                      |
|---------------------------|-----------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| <i>Enterobacteriaceae</i> | <i>Salmonella</i>     | <i>Typhi</i>                      | Fièvre typhoïde              |
|                           |                       | <i>paratyphi</i>                  | Fièvre paratyphoïde          |
| <i>Vibrionaceae</i>       | <i>Vibrion</i>        | <i>Cholerae</i>                   | Choléra                      |
|                           |                       | Autres vibrions                   | Gastro-entérite              |
| <i>Enterobacteriaceae</i> | <i>Escherichia</i>    | <i>Coli</i><br>(types pathogènes) | Gastro-entérite,<br>Diarrhée |
| <i>Micrococcaceae</i>     | <i>Staphylococcus</i> | <i>Aureus</i>                     | Infection cutanée            |

|                           |                 |   |                       |
|---------------------------|-----------------|---|-----------------------|
| <i>Enterobacteriaceae</i> | <i>Shigella</i> | <i>S. sonnei</i><br><i>S. flexneri</i><br><i>S. boydii</i><br><i>S. Dysenteriae</i> | Dysenterie bacillaire |
|---------------------------|-----------------|---|-----------------------|

## 8.2. Les maladies d'origines bactériennes

Les pollutions bactériologiques peuvent être à l'origine de maladies (choléra, gastro entérites, infection cutanées...) chez les baigneurs et pratiquants d'activités nautiques. Ces pollutions sont détectées par l'analyse de deux bactéries intestinales : *Escherichia coli* et entérocoques. Généralement transmises à l'homme par voie digestive liée à la consommation d'eau ou d'aliment contaminés (Maiga, 2005).

### 8.2.1. Le choléra

Le choléra est une maladie infectieuse diarrhéique à caractère épidémique, d'origine bactérienne, à transmission ora-fécale (par voie digestive) due par *Vibrio cholera* qui libère une exotoxine thermolabile et entraîne une hypersécrétion d'eau. L'agent pathogène de choléra est un bacille à Gram négative : *Vibrio cholerae* (Fig.14). Il s'agit d'une bactérie appartenant à la famille des *Vibrionaceae* et au genre du vibrio (Ayad, 2017).

Cette maladie est contagieuse provoque des infections intestinales aiguës, dont les symptômes sont diarrhées fréquentes, vomissements incontrôlables, soif intense et une déshydratation rapide, peut entraîner la mort dans 80% des cas non traités (Fig. 06) (Sari, 2008).

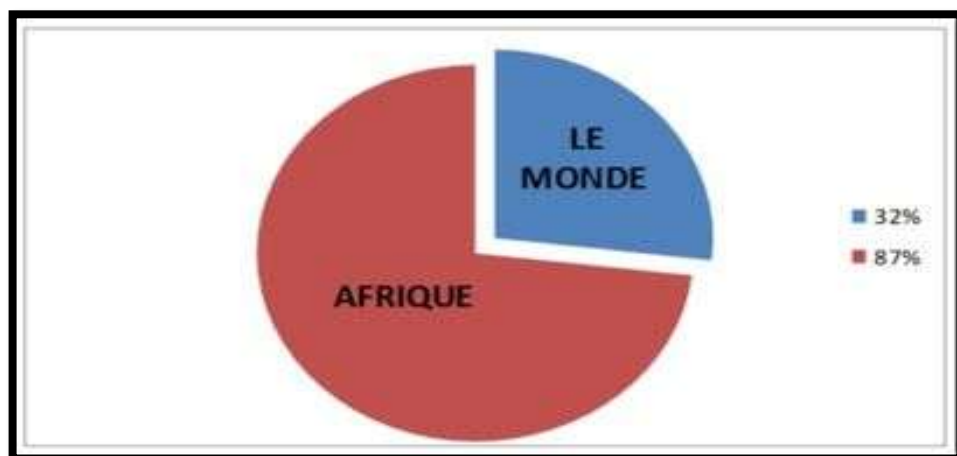


Figure 06 : L'indice de choléra dans le monde (Hadji, 2020).

**a. Mode de transmission**

Le cholera est considéré comme maladie du péril ora-fécal ou d'origine environnementale, les voies de contamination peuvent être de deux types : hydrique ou interhumaine.

Le choléra se transmet par ingestion d'eau ou d'aliments contaminés par les selles d'une personne infectée (transmission fécale-orale). La personne infectée est habituellement contagieuse de 1 à 10 jours ou tant que la bactérie est excrétée dans ses selles (même si elle est asymptomatique)(**Hadji, 2020**).

**b. Symptômes**

L'incubation est courte (1 à 3 jours). La maladie débute brutalement par :

- ✓ Une diarrhée liquide en jet (plusieurs litres par jour) ;
- ✓ Des vomissements ;
- ✓ Un sentiment d'angoisse.

Ces troubles digestifs majeurs provoquent :

- ✓ Une fatigue importante ;
- ✓ Une soif intense ;
- ✓ Des crampes musculaires traduisant la déshydratation massive.

L'hypothermie (baisse de la température) est de règle, une perte de poids rapide, un état stuporeux, le collapsus cardiovasculaire ne tardent pas à survenir et la mort est fréquente en l'absence de traitement (**Bougherbi et Sabour, 2019**).

**c. Principale caractéristique**

Fins bacilles à Gram négatifs, Mobile grâce à une ciliature polaire, Oxydase positif (+), Aérobie-anaérobie facultatif, Fermentation du glucose, réduit les nitrates en nitrites. Leur température optimale pour développer entre 30-37 C° (**Alia S et al., 2018**).



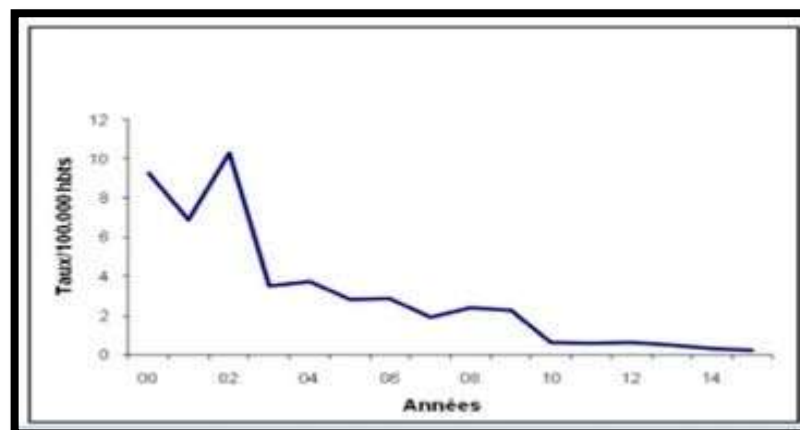


**Figure 07** : Observation microscopique de *Vibrio cholerae* [14].

### 8.2.2. La fièvre typhoïde et paratyphoïde

La fièvre typhoïde (du grec tymphos, torpeur) ou typhus abdominal est une maladie bactérienne à transmission humaine, infectieuse décrite en 1818 par Pierre Bretonneau, causée par une bactérie de la famille *Enterobacteriaceae*, du genre *Salmonella* dont les espèces responsables sont: *Salmonella enterica*, *Salmonella typhi* ou *Salmonella paratyphi* A, B. Généralement provoquée par des salmonelles que l'on trouve dans le lait, la nourriture ou l'eau contaminée (**Fig. 09**)(Ayad, 2017).

La fièvre typhoïde et paratyphoïdes dues à des salmonelles (*salmonella typhi* et *paratyphi*), peuvent à partir de l'intestin, envahir les tissus de l'hôte et provoquer une septicémie accompagnées avec fièvre élevée, une céphalée, diarrhée, douleurs abdominales abatement extérieur (le typhus) (**Baziz, 2008**).



**Figure 08 :** Evolution de l'indice annuelle de la fièvre typhoïde en Algérie (2000-2015)  
(Hadji, 2020).

### a. La voie de transmission

La typhoïde est causée par la bactérie *S. typhi* et se transmet par la nourriture, les boissons et l'eau de boisson contaminées par des matières fécales infectées. Le lavage des fruits et des légumes peut le transmettre si de l'eau contaminée est utilisée (Bougherbi et Sabour, 2019).

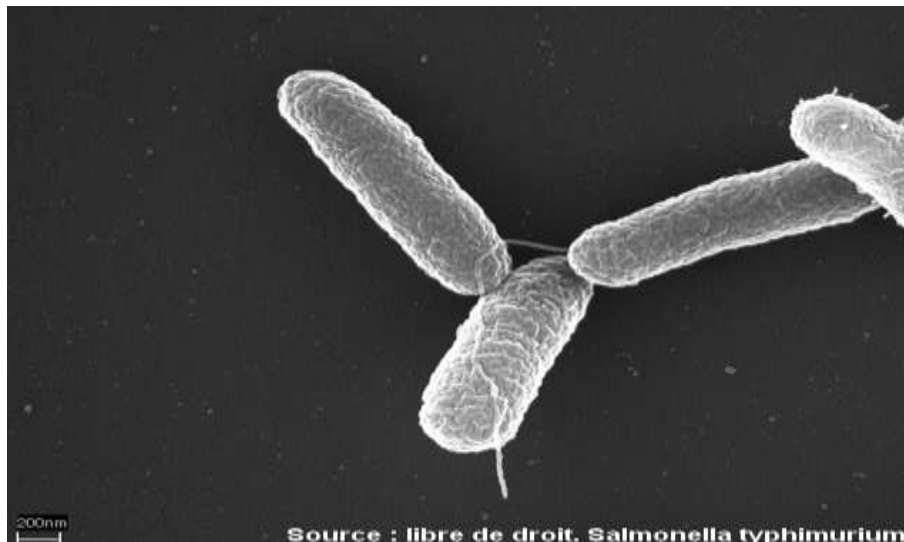
### b. Symptômes

Les symptômes commencent normalement entre 6 et 30 jours après l'exposition à la bactérie. La fièvre et les éruptions cutanées sont les deux principaux symptômes de la typhoïde. La fièvre typhoïde est particulièrement élevée, augmentant progressivement sur plusieurs jours jusqu'à 10 C°. L'éruption cutanée, qui n'affecte pas tous les patients, consiste en des points roses, en particulier au cou et à l'abdomen. Les autres symptômes peuvent inclure:

- ✓ La faiblesse ;
- ✓ Douleur abdominale ;
- ✓ Constipation ;
- ✓ Maux de tête (Bougherbi et Sabour, 2019).

### c. Principales caractéristiques

Les salmonelles sont des bacilles à Gram négatif, catalase positif (+), mobiles dans toutes les directions grâce à des flagelles. Elles sont aéro-anaérobies facultatifs. Elles possèdent un génome sous la forme d'un chromosome de près de 5 millions de paires de bases, qui code pour environ 4.500 protéines. Elles sont des bactéries dites mésophiles, car elles se développent dans une fourchette assez large de température (5C° à 47C°) [15].



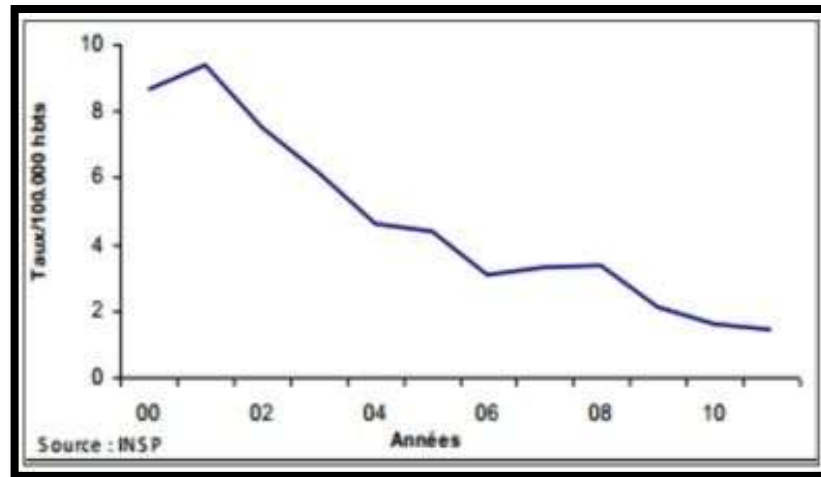
**Figure 09 :** Observation microscopique de *Salmonella typhimurium*(Alia S et al., 2018).

### 8.2.3. La dysenterie bacillaire

La shigellose, aussi appelée dysenterie bacillaire, est une infection de l'intestin due à des bactéries de quatre espèces appelées shigelles [16].

Les shigelles sont transmises par voie féco-orale : 10 à 100 bacilles suffisent à provoquer la maladie. L'homme est le seul réservoir et la transmission interhumaine est le plus souvent directe, mais l'eau et les aliments contaminés, ainsi que les mouches, peuvent véhiculer les shigelles. L'infection est caractérisée par une diarrhée sanglante extrêmement abondante résultant de l'invasion de la muqueuse intestinale par *Shigella dysenteriae* et *S. flexneri*(Fig. 10)et(Fig. 11)(Cherif, 2006).

La shigellose dans sa forme dysentérique est la plus sévère : chaque année, elle tue plusieurs centaines de milliers d'individus, surtout des enfants de moins de 5 ans [16].



**Figure 10** : L'indice de dysenterie en Algérie (2000-2011)(**Hadji, 2020**).

### a. La voie de transmission

Les shigelles sont transmises par voie féco-orale (par les selles de patients infectés ou de porteurs convalescents) : 10 à 100 bacilles suffisent à provoquer la maladie. L'homme est le seul réservoir et peut éliminer ces bactéries dans ses selles pendant des semaines après un épisode dysentérique. La contagion directe se fait par voie oro-fécale.

Cette maladie est très infectieuse et peut se transmettre par l'alimentation ou la boisson. La transmission par contact humain est très rare [18].

### b. Symptômes

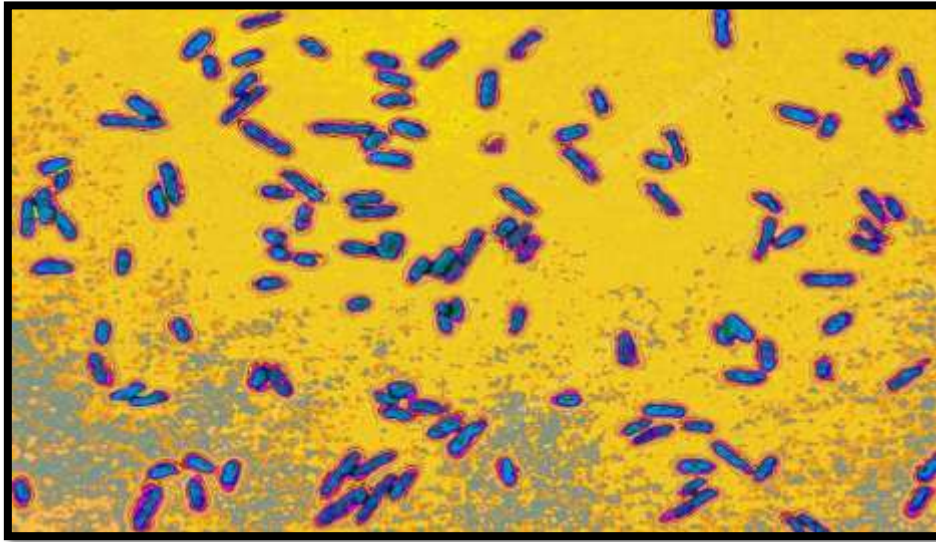
Les symptômes ont tendance à apparaître dans les 1 à 3 jours suivant l'infection. Il y a normalement une légère douleur à l'estomac et une diarrhée, mais pas de sang ni de mucus dans les selles. La diarrhée peut être fréquente au début. Moins couramment, peut-être :

- ✓ Sang ou mucus dans les fèces ;
- ✓ Douleur abdominale intense ;
- ✓ Fièvre ;
- ✓ La nausée ;
- ✓ Vomissement.

Souvent, les symptômes sont si légers qu'une visite chez le médecin n'est pas nécessaire et le problème disparaît en quelques jours(**Bougherbi F et Sabour N, 2019**).

### c. Principales caractéristiques

Bacille à Gram négatif, de la famille des Entérobactéries, oxydase négative (-), non sporulé, non capsulé, se divise en quatre espèces : *Shigella dysenteriae*, *S. flexneri*, *S. boydii*, *S. sonnei*. La température optimale de croissance des Shigelles est de 37°C en milieu[19].



**Figure 11** : Observation microscopique de *Shigelladysenteriae* (X1850) [17].

#### 8.2.4. La gastro-entérite aigue et diarrhée

Une gastro-entérite est une infection inflammatoire du système digestif qui touche les muqueuses présentes dans l'estomac et l'intestin. Elles peuvent être d'origine bactérienne, virale, ou dues à des parasites internes, protozoaires ou amibes pathogènes. La gastro-entérite bactérienne est généralement transmise par l'eau ou par les aliments souillés et causée par des salmonelles, des staphylocoques et des shigelles (Amaramadi et Touati, 2013).

*E. coli* est souvent responsable de gastro-entérites graves pouvant être mortelles dans certains cas à l'absence de traitement. C'est une bactérie saprophyte du tube digestif de l'homme et des animaux qu'elle envahit dès les premières heures de la vie. Elle se multiplie par milliards dans les matières fécales(Fig. 12).

Parmi les organismes coliformes, les bactéries *E. coli* sont considérées comme le meilleur indicateur de contamination fécale, et on a élaboré des épreuves qui permettent d'en faire la détection rapidement et facilement dans l'eau (Alia et al., 2018).

### a. La voie de transmission

La transmission des virus, bactéries ou parasites responsables de la gastro-entérite se fait par :

- Un contact direct entre une personne et une autre déjà malade ;
- Des aliments contaminés par une personne malade (pâtisseries, viande hachée, plats cuisinés, coquillages, produits laitiers non pasteurisés...) ou de l'eau souillée : on parle de toxi-infection alimentaire ;
- Un contact avec des objets sur lesquels se sont déposées de fines particules de celles de personnes malades.

La gastro-entérite est favorisée par la vie en collectivité et la restauration collective, ce qui explique la survenue d'importantes épidémies de gastro-entérites surtout virales[20].

### b. Symptômes

La gastro-entérite virale se distingue par la virulence de ses symptômes liés au système digestif. Voici les principaux symptômes associés à la gastro-entérite, ces derniers pouvant apparaître ensemble ou séparément (il est possible d'avoir une gastro sans diarrhée par exemple)

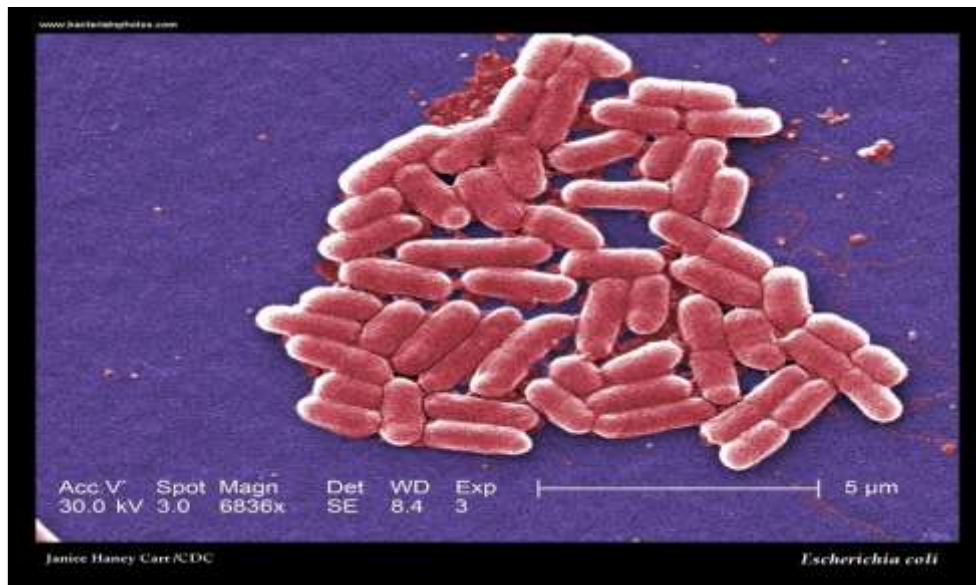
- ✓ Nausées ;
- ✓ Vomissements ;
- ✓ Diarrhées plus ou moins aiguës, liquides à aqueuses ;
- ✓ mal de ventre type crampes et douleurs abdominales diffuses ;
- ✓ Fièvre modérée.

Autres symptômes peuvent s'ajouter à cette liste non exhaustive, y compris, les maux de tête, fatigue intense et la déshydratation [21].

### c. Principales caractéristiques

*Escherichiacoli* sont des bacilles à Gram négatifs, oxydase négatif (-), ne formant pas de spores. Elles sont des coliformes thermo tolérants produisant de l'indole à partir du tryptophane à 44 °C. Ces bactéries ne peuvent pas produire de l'acétyl-méthyl-carbinol ni utiliser le citrate comme unique source de carbone(Alia S et al., 2018).





**Figure 12 :** Observation microscopique d'*E. coli* (Alia S et al., 2018).

### 8.2.5. Infection cutanée

Les infections staphylococciques dues à *Staphylococcus aureus* occupent en pathologie infectieuse une place importante par leur caractère polymorphe, mais également par leur gravité et leur fréquence en milieu hospitalier où des souches souvent résistantes à de multiples antibiotiques sont fréquemment sélectionnées par des traitements antibiotiques et propagées à l'occasion de soins infirmiers chez des malades immunodéprimés (Fig. 13).

*Staphylococcus aureus* Leur pouvoir pathogène est très important et sont responsables d'un très grand nombre d'infections chez l'homme et l'animal. Ces bactéries survient et prolifèrent du fait de leur particulière résistance aux conditions hostiles de l'environnement, telle que la chaleur (résistent une heure à 60°C), la sécheresse (survivent plusieurs mois dans des produits pathologiques desséchés) ou à la salinité de l'eau (Alia S et al., 2018).

#### a. La voie de transmission

Globalement, les infections cutanées ne se transmettent pas d'une personne à l'autre, mais les bactéries en cause peuvent se transmettre en présence d'impétigo ou de lésions purulentes (furoncle, abcès, plaie exsudative).

De façon générale, les infections cutanées surviennent à la suite d'un contact avec la peau, des lésions cutanées purulentes, des sécrétions respiratoires ou de la salive, lors de : contact direct ou contact indirect [22].

**b. Symptômes**

Une infection cutanée peut notamment se manifester par des rougeurs, une sensation de chaleur, une enflure, une sensibilité de la peau, des furoncles ou des ampoules[23].

**c. Principales caractéristiques**

Le *Staphylococcus aureus* est une coque à coloration de Gram positive. Il mesure de 0,5 à 1  $\mu\text{m}$  de diamètre, non sporulé, est immobile, aéro-anaérobie facultatif et possède une catalase (+) et une coagulase (+). *S. aureus*, espèce type du genre *Staphylococcus*, parfois appelée staphylocoque doré. La température maximale de croissance est de 48,5 pour certaines souches alors qu'elle ne dépasse pas 39,5 pour d'autres(Alia et al., 2018).



**Figure 13** : Observation microscopique de *Staphylococcus aureus*(X 10000)[24].

A decorative graphic of a scroll with a black outline and grey shading on the top and bottom edges, framing the text.

# **Chapitre II :**

# **Situation et description**

## 1. Description générale de la zone d'étude

### 1.1. Situation géographique de la wilaya de Guelma

Ville de l'Est Algérien, Guelma est située au nord-est de l'Algérie, à 60 km de la mer Méditerranée, à 100 km de la métropole Constantine et à 150 km de la frontière Tunisienne. Elle occupe une position médiane entre le Nord du pays, les Hauts plateaux et le Sud.

La Wilaya de Guelma couvre une superficie de 3.686,84 Km<sup>2</sup> et limitrophe aux wilayas de:

- ✓ La wilaya d'Annaba, au Nord,
- ✓ La wilaya de Skikda, au Nord-Ouest,
- ✓ La wilaya de Constantine, à l'Ouest,
- ✓ La wilaya d'Oum El-Bouaghi, au Sud,
- ✓ La wilaya de Souk Ahras, à l'Est,
- ✓ La wilaya d'El Taref, au Nord-Est (**Boudra, 2011**).



**Figure 14** : Localisation géographique de la région d'étude (**Boudra, 2011**).

Guelma se situe au cœur d'une grande région agricole à 290 m d'altitude, entourée de montagnes (Maouna, Debegh, Houara, Taya) ce qui lui donne le nom de ville assiette, sa région bénéficie d'une grande fertilité grâce notamment à la Seybouse et d'un grand barrage qui assure un vaste périmètre d'irrigation.

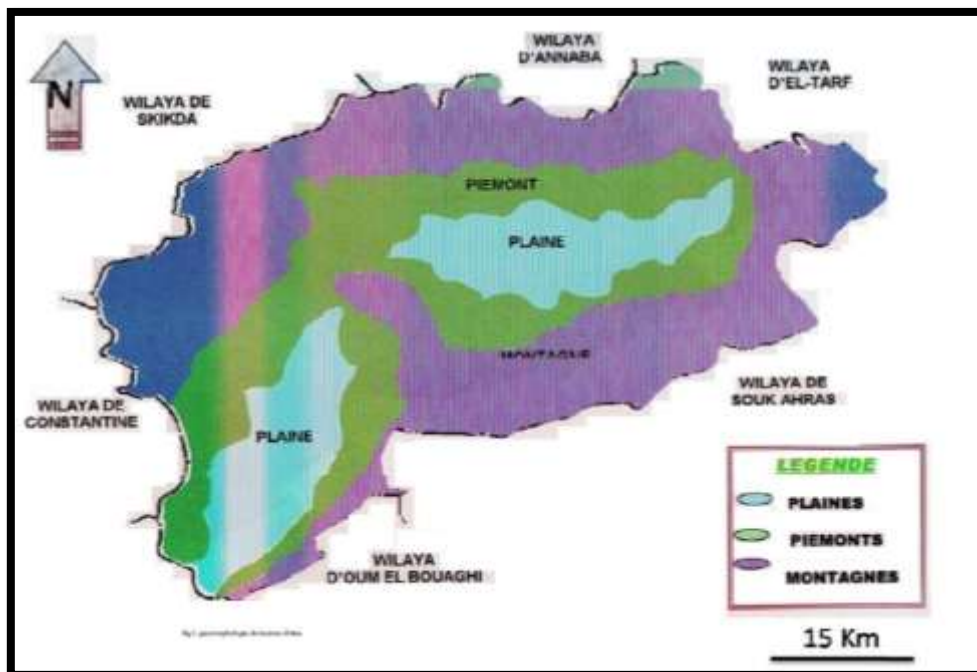
Elle occupe aussi une position géographique stratégique, en sa qualité de carrefour dans la région nord-est de l'Algérie, reliant le littoral des wilayas d'Annaba, El-Taref et

Skikda, aux régions intérieures telles que les wilayas de Constantine, Oum El Bouaghi et Souk-Ahras [25].

## 2. Relief

La géographie de la wilaya de Guelma est dominée par un relief diversifié caractérisé essentiellement par une importante couverture forestière et le passage de la Seybouse qui constitue le principal cours d'eau (**Fig. 15**). Ce relief se décompose comme suit :

- ✓ **Montagnes** : elles constituent 37,87% dont les principales sont :
  - Mahouna (Ben Djarrah) : avec une altitude de 1,411 m.
  - Haoura (Ain Ben Bayda) : 1,292 m d'altitude.
  - Taya (Bouhamdan) : 1,208 m d'altitude.
  - D'Bagh (Hammam Debagh) : 1,060 m d'altitudes.
- ✓ **Plaines et plateaux** : ils constituent 27,22% de la superficie de la wilaya.
- ✓ **Collines et piémonts** : qui constituent 26,29% de la superficie totale, puis autres types des reliefs constituants 8,67%
- ✓ **Autres**: 8,67 % (**Khemis, 2013**).



**Figure 15** : Géomorphologie de la région de Guelma (**Khemis, 2013**).

### 3. Analyse et caractéristiques géologique de la région

#### 3.1. Cadre géologique

L'analyse du territoire de la wilaya fait ressortir quatre ensembles ou régions à savoir : la région de Guelma, la région de Bouchegouf, la région d'Oued-Zénati, la région de Tamlouka (**Zouaidia, 2006**).

##### • La région de Guelma

La région de Guelma englobe toute la partie médiane du Nord vers le Sud du territoire de la wilaya. Elle est organisée en auréole tout autour de la plaine centrale, constituée de terrasses alluviales qui s'étalent le long de l'oued Seybouse (la vallée de la Seybouse).

C'est la région la plus étendue du territoire de la wilaya. Elle se caractérise aussi par une importante couverture forestière au Nord et à l'Est. Par contre, la partie Sud souffre de dégradations répétées d'où une absence de couverture forestière fournie en dépit du caractère montagneux de cette sous-région et d'où une grande vulnérabilité à l'érosion (**Zouaidia, 2006**).

##### • La région de Tamlouka

La région de Tamlouka fait partie de la région des hautes plaines dont l'altitude moyenne est supérieure à 800 m avec cependant des pentes faibles. La partie Sud de la wilaya est occupée par un vaste paysage des hautes plaines traversées par l'Oued M'gais Caractérisée par des bas-fonds et des glacis alluviaux au Nord, des paysages de glacis assez étendus se raccordent à la plaine (**Zouaidia, 2006**).

##### • La région d'Oued-Zénati

La région de l'Oued Zénati se superpose à des reliefs montagneux plus ou moins découpés. Le sien le paysage principal est constitué de hautes montagnes et de longues pentes dispersé dans un groupe de montagnes avec moins de couvert forestier que la région de Guelma. Le sol qui s'y trouve est principalement du sol parfois brun calcaire foncé (**Zouaidia, 2006**).



**• La région de Bouchegouf**

Elle se caractérise par de forts reliefs montagneux (près de 75%). Cette zone est traversée par l'Oued Seybouse, ses berges forment le gulmah. Ses collines sont couvertes de parcelles forestières, notamment la forêt de Beni Salah et Aïn Ben Beïda (partie de l'ouest de Haouara). Ses caractéristiques paysagères sont avec des longues pentes régulières avec des pentes modérées et quelques surfaces élevées avec des pentes plus raides faibles, sauf pour quelques plaines moins importantes que Guelma (**Zouaïdia, 2006**).

**4. Réseau hydrographique****4.1. Hydrogéologie**

Le territoire de la wilaya de Guelma comporte globalement quatre zones (sous bassins versants) hydrogéologiques on distincts :

**➤ Zone des plaines de Guelma et Bouchegouf (moyenne et basses Seybouse)**

Les nappes captives du champ de Guelma s'étendent sur près de 40 km le long de la vallée de la Seybouse et sont alimentées par les infiltrations et les ruissellements qui se déversent dans l'Oued Seybouse.

Elles enregistrent un débit exploitable de 385 l/s. Elles constituent les plus importantes nappes de la Wilaya. Au niveau de la nappe de Bouchegouf, les alluvions paraissent moins perméables que ceux de la plaine de Guelma. Elle peut contenir une nappe alluviale moins importante.

**➤ Zones des Djebels au Nord et Nord-Ouest**

Elle s'étend sur toute la partie Nord de la wilaya. Elle regroupe toute la partie de l'Oued Zénati et la partie Nord de la région de Guelma. En dehors de la plaine, une grande partie de cette région est constituée d'argiles rouges numidiennes sur lesquelles reposent des grés peu perméables.

Cette zone connaît une faible perméabilité en dépit d'une pluviométrie relativement importante. Cependant, sur les calcaires Crétacés inférieurs des Djebels Débagh et Taya, l'infiltration est probablement importante (**Zouaïdia, 2006**).

➤ **La zone des plaines et des collines de Tamlouka**

Il est à remarquer, pour cette région, que les structures synclinales du Crétacé supérieur peuvent contenir des nappes actives alimentées par des infiltrations sur les calcaires qui n'ont pas une bonne perméabilité quand ils sont profonds (**Nouaouria, 2018**).

➤ **La zone des Djebels surplombant des oueds Sédrata et Hélia**

Cette zone s'étend sur les parties Nord de la région de Tamlouka et Sud de la région de Guelma et Bouchegouf. Sa partie Sud est certainement la mieux fournie en eau. Elle se caractérise par la présence de hautes dalles calcaires du Crétacé supérieur qui sont perchées sur des marnes.

Des sources assez importantes jalonnent leur contact. Sur l'autre partie de la zone (la plus étendue), les dalles calcaires sont plus redressées et fractionnées, et des sources parfois relativement importantes jaillissent des calcaires au contact des marnes. En général, les eaux superficielles constituent les principales ressources (Oued Sedrata et Oued Hélia). (**Nouaouria, 2018**).

#### 4.2. Les principaux Oueds

- **L'oued Seybouse** (57,15 km, second oued d'Algérie après l'oued Chéelif), présente l'axe de drainage du bassin versant. Il a un apport annuel de 408 hm<sup>3</sup>/an à la station de Boudaroua et prend naissance dans les hauts Haracta, Ain Abid et Sedrata et se jette dans la méditerranée après un parcours de 160 km (**Debbieche, 2002**). Son débit non régulier varie de 0 à 100 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>, mais peut atteindre des valeurs de 630 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> (**observées** le 01/01/1985, selon l'Algérie national des ressources hydriques d'Annaba).
- **L'oued Bouhamdane** (45,37 km) constitué des oueds Sabath et oued zénati, apporte 96 hm<sup>3</sup>/an à la station de Medjezamar II (point de confluence avec oued Cherf).
- **L'oued Cherf** (36,46 km) au sud-ouest, apporte 107 h m<sup>3</sup>/an à station de Medjez Amar.
- **L'oued Mellah** au sud-est a un apport de 151 hm<sup>3</sup>/an à la station de Bouchegouf.- Oued Maiz, Oued Zimba, oued Skhoune, oued Bousorra, oued Fragha, oued Djefeli, oued Meboudja...etc (**DerghoumNet al ., 2021**).



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

Le territoire de la Wilaya se caractérise par un climat subhumide au centre et au Nord et semi-aride vers le Sud. Ce climat est chaud en été et doux et pluvieux en hiver (**Nedjraoui et Bedrani, 2008**).

Pour la région d'étude, nous disposons des données climatiques de la station de Guelma (ONM) située à Belkheir pour une période de 13 ans allant de 2002/2015 (**Tab. 02**).

**Tableau 02** : Caractéristiques géographiques et topographique de la station de Guelma.

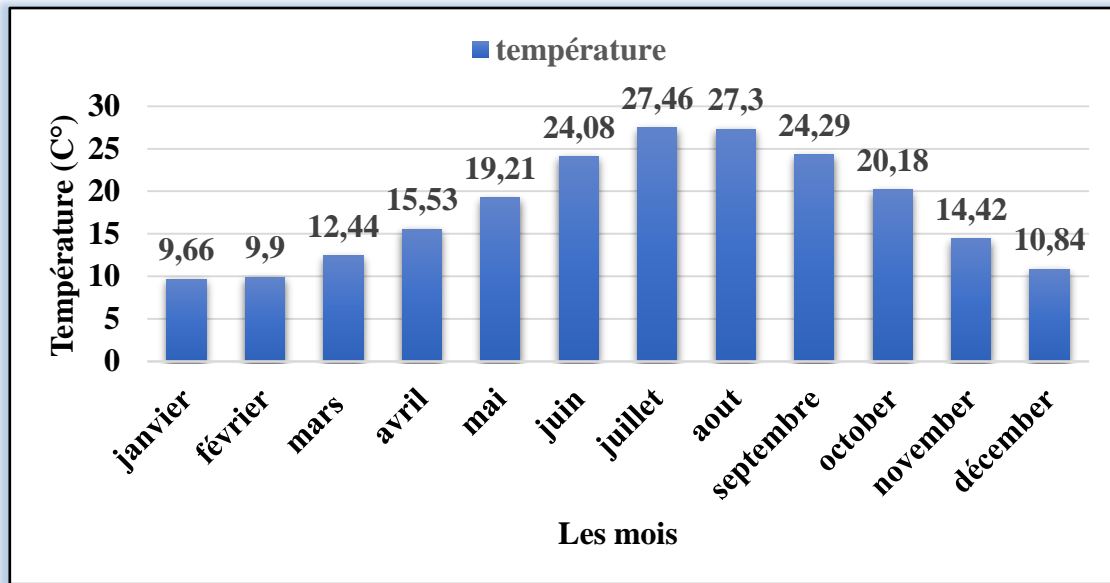
| Station de Guelma | Altitude | Longitude | Latitude | Période d'observation |
|-------------------|----------|-----------|----------|-----------------------|
|                   | 227      | 7° 28E    | 36° 28N  | 2002 à 2015           |

## 5.1. Température

### 5.1.1. Température moyennes mensuelles

La température est le deuxième élément important dans l'étude du climat. Elle agit sur les répartitions d'eau qui s'opèrent par le phénomène de l'évapotranspiration (**Meddour, 2010**).

A partir de l'histogramme des températures moyennes mensuelles nous constatons que la température moyenne mensuelle la plus élevée est observée pendant l'été au mois de juillet avec une température de 27,46°C. Par contre la température la plus basse 9,66 °C a été observée au mois de janvier. Pour les autres mois des températures intermédiaires ont été enregistrés (**Fig. 17**).



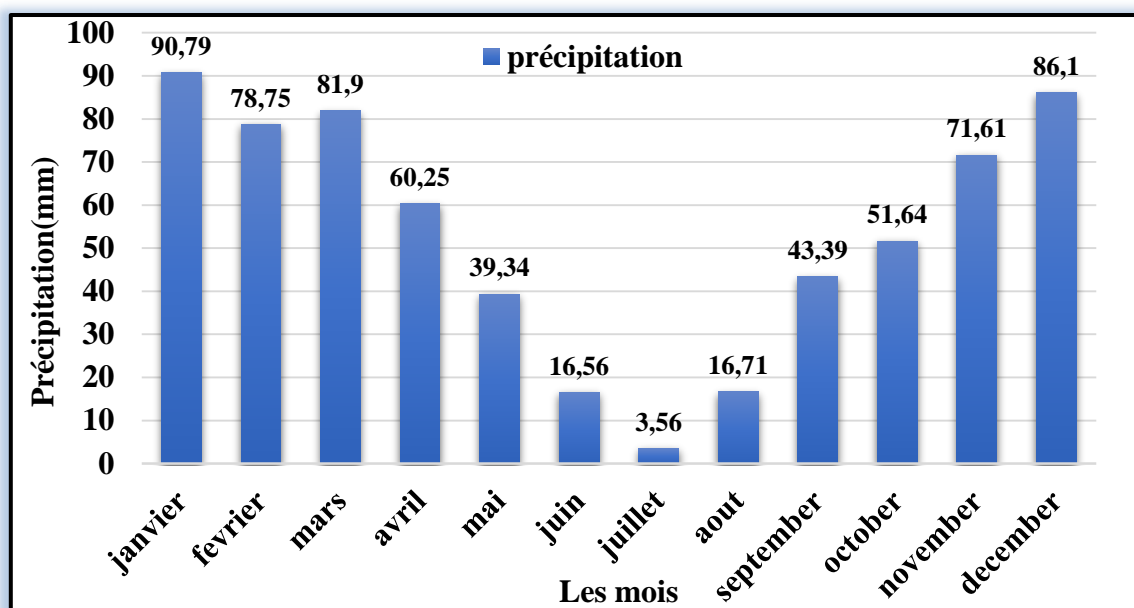
**Figure 17 :** Histogramme des températures moyennes mensuelles à la station météorologique de Guelma (2002 à 2015).

## 5.2. Précipitation

### 5.2.1. Précipitation moyenne mensuelle

Les précipitations désignent tout type d'eau qui tombe de ciel, sous forme liquide ou solide. Elle représente un facteur climatique très important qui conditionne l'écoulement saisonnier et par conséquent le régime des cours d'eau (**Dajoz, 2000**).

D'après la figure n°19, la plus grande valeur de précipitations moyenne mensuelle, a été enregistré au mois de janvier 90,79mm. Par contre la plus faible valeur correspond au mois de juillet avec 3,56 mm (**Fig. 18**).



**Figure 18 :** Histogramme de la précipitation moyenne mensuelle à la station météorologique de Guelma (2002 à 2015).

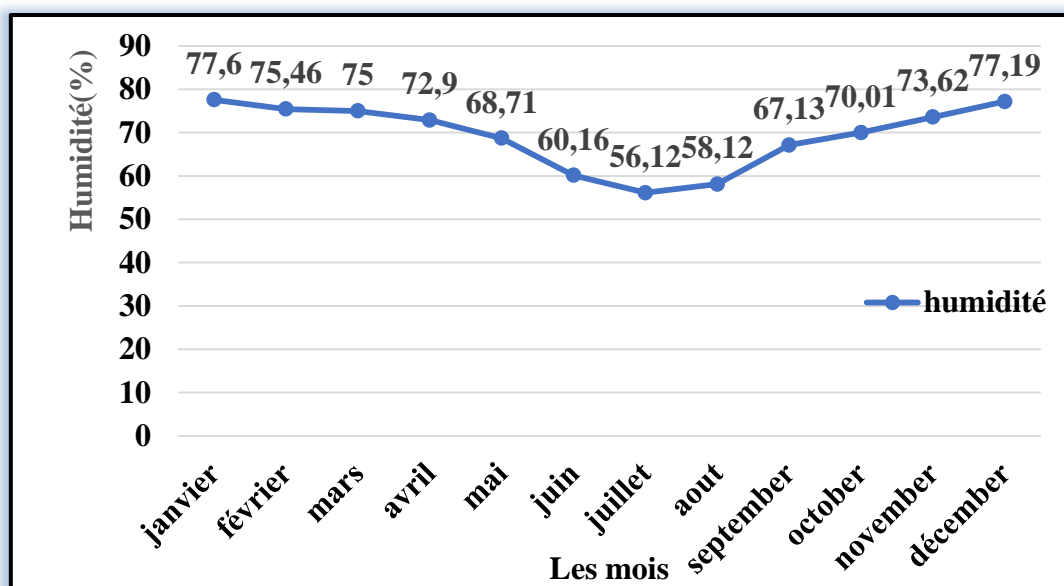
### 5.3. L'humidité

L'humidité relative, appelée aussi le degré hygrométrique est une caractéristique quantitative de l'humidité de l'air, mesure le rapport en pourcentage de la pression partielle de vapeur d'eau contenue dans l'air à la pression de vapeur saturante qu'elle y aurait si elle se trouvait à l'état de saturation à la même température (**Mostarih, 2006**).

D'après le tableau (**Tab.03**), le maximum est enregistré au mois de janvier (77,60%) et le minimum est enregistré au mois de juillet (56,12%). L'humidité semble évoluer en sens inverse de la température (**Fig. 19**).

**Tableau 03:** L'humidité moyenne mensuelle à Guelma en 2002 jusqu'à 2015 (Station météorologique de Guelma).

| Humidité moyenne (%) | Janvier | Février | Mars | Avril | Mai   | Juin  | Juillet | Aout  | Sept  | Oct.  | Nov.  | Déc.  |
|----------------------|---------|---------|------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                      | 77,60   | 75,46   | 75   | 72,90 | 68,71 | 60,16 | 56,12   | 58,12 | 67,13 | 70,01 | 73,62 | 77,19 |



**Figure 19 :** Variation de l'humidité moyenne mensuelle : Station de Guelma (2002-2015).

## 6. Synthèse climatique

L'établissement d'une synthèse des facteurs climatiques à savoir la pluviométrie et la température fait appel à l'étude des deux paramètres suivants :

### 6.1. Indice d'aridité De Martonne

Selon **Ozenda (1982)**, l'indice de sécheresse de Martonne est calculé comme Prochain :

$$I = P/(T+10)$$

**P :** Précipitation annuelle = 640,61 mm /an.

**T:** Température moyenne annuelle = 17,94 °C.

L'indice de Martonne est d'autant plus bas que le climat est plus aride et on peut distinguer plusieurs catégories :

Un climat très sec ( $I < 10$ ) ; - Un climat sec ( $I < 20$ ) ; - Un climat humide ( $20 < I < 30$ ) et - Un climat très humide ( $I > 30$ ) ;

L'indice De Martonne dans la région de Guelma fournit une valeur de 22.95, qui classe la zone comme ayant un climat humide.



## 6.2. Diagramme pluviométrique de Gausсен

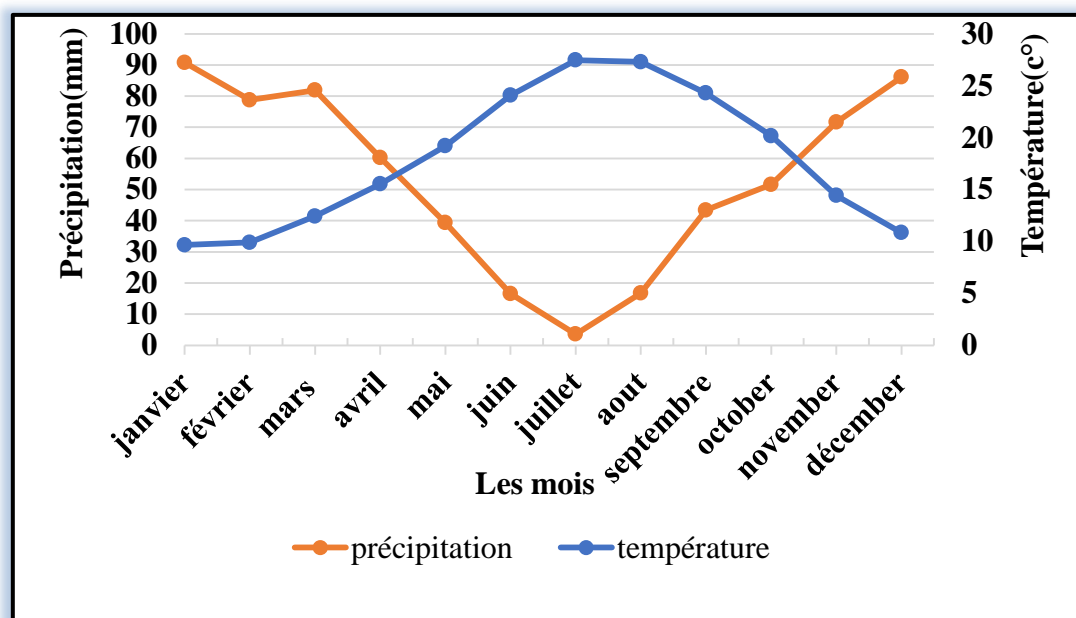
Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен nous permet de mettre en évidence la période sèche et humide de notre zone d'étude (**Bagnouls et Gausсен, 1957**).

Un mois est biologiquement sec lorsque le rapport précipitation (P) sur température (T) est inférieur à 2 ( $P/T < 2$ ). Sur la base de l'équation  $P = 2T$ , nous avons réalisé le diagramme ombrothermique de la région de Guelma.

Ces auteurs préconisent ensuite pour la détermination de la période sèche de tracer le diagramme pluviométrique, qui est un graphique sur lequel la durée et l'intensité de la période sèche se trouvent matérialisées par la surface de croisement où la courbe thermique passe au-dessus de la courbe des précipitations.

Le diagramme pluviométrique de la région d'étude montre l'existence de deux périodes humides qui s'étalent comme suite : la première comprise entre le mois de Janvier et Mai et la seconde entre La mi-septembre et décembre et une période sèche entre le mois Mai et la mi-septembre.

La détermination de cette période est d'une grande importance pour la connaissance de la période déficitaire en eau (**Fig. 20**).



**Figure 20** : Diagramme pluviométrique de Gausсен pour la région de Guelma (2002-2015)

### 6.3. Climagramme d'Emberger

Il permet de situer la région d'étude dans l'étage bioclimatique qui lui correspond. Le quotient pluviothermique d'Emberger est déterminé selon la formule suivante :

$$Q2 = 3,43 \times \rho / (M - m)$$

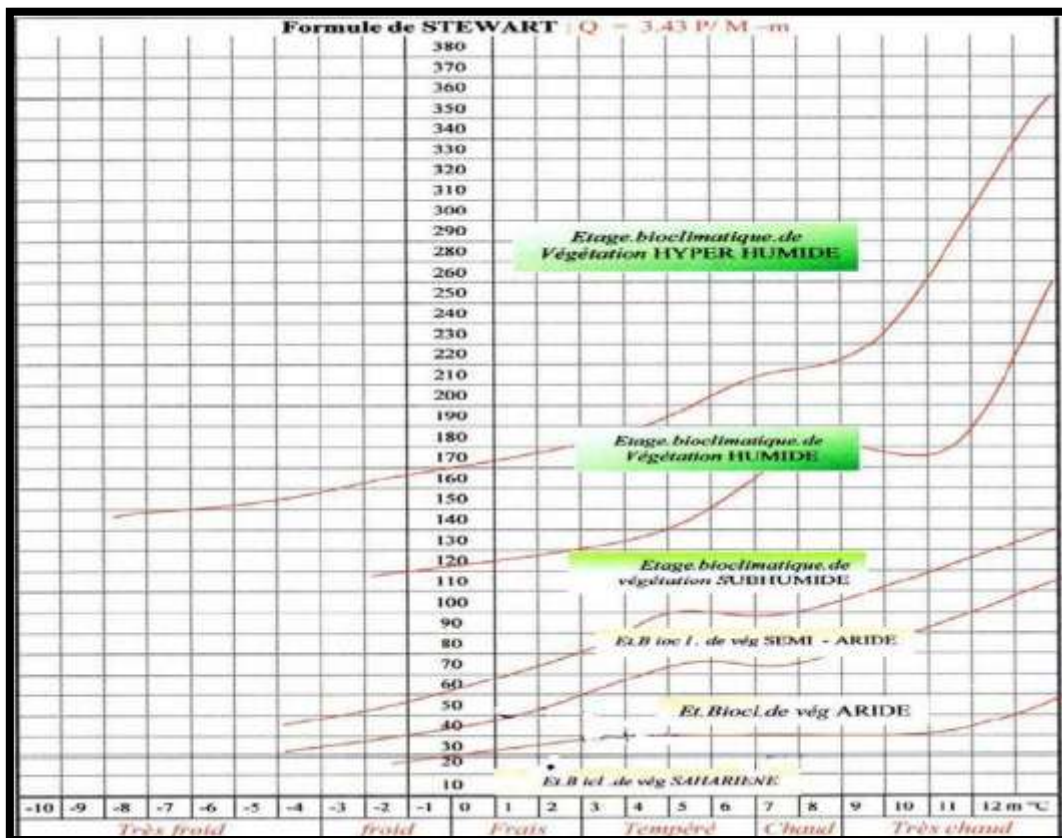
**Q2** : Quotient pluviothermique d'Emberger.

**P** : Moyenne des précipitations annuelles (mm).

**M** : Moyenne des maximums du mois le plus chaud (C°).

**m** : Moyenne des minimums du mois le plus froid (C°).

Selon la valeur de Q2 qui égale à 68,45. Notre région d'étude est classée dans l'étage climatique à végétation semi-aride à hiver tempéré (**Fig. 21**).



**Figure 21:** Situation de Guelma dans le climagramme d'Emberger (1955).

A decorative graphic of a scroll with a black outline and grey shading on the top and bottom edges, containing the chapter title.

# **Chapitre III :**

## **Matériel et méthodes**



- ✓ Le mode de prélèvement varie suivant l'origine de l'eau à analyser l'échantillon doit être homogène, le flacon est étiqueté sur lequel on note ;
  - \* l'origine de l'eau.
  - \* l'adresse exacte du lieu de prélèvement avec les coordonnées GPS.
  - \*La date et l'heure du prélèvement (**Guiraud, 1998**).

### 3. Transport et conservation

Pendant le transport, il faut éviter surtout la destruction de l'échantillon, ou inversement la surcroissance de micro-organismes à l'intérieur de l'échantillon. Ceci peut être obtenu en mettant l'échantillon à l'abri de la lumière visible ainsi que dans des températures ambiantes. Habituellement, cette protection est obtenue grâce à l'utilisation d'une glacière contenant des poches de glace. On conserve généralement les échantillons à une température inférieure ou égale à +4 °C (**Raymond, 1977; Mayat, 1994**).

**Tableau 04 :** Positions géographiques des sources échantillonnées.

| Les sources         | La date et l'heure de prélèvement |             | Agglomération | Les Cordonnés GPS |
|---------------------|-----------------------------------|-------------|---------------|-------------------|
| <b>Ain kton</b>     | 19/02/2022                        | 15h :30 min | Bouhachana    | N 36°306761       |
|                     | 20/03/2022                        | 16h :15 min |               | E 7°507796        |
| <b>Besbassa</b>     | 19/02/2022                        | 15 :25 min  | Dahwara       | N 36°345625       |
|                     | 20/03/2022                        | 15 :10 min  |               | E7°728668         |
| <b>Ain Sellaoua</b> | 19/02/2022                        | 15 :00 min  | Sellaoua      | N 36°385910       |
|                     | 20/03/2022                        | 16 :10 min  | Announa       | E 7°250698        |
| <b>Ain ksar</b>     | 19/02/2022                        | 14 :34 min  | Hammam        | N 36°460364       |
|                     | 20/03/2022                        | 15 :30 min  | Debagh        | E 7°266505        |
| <b>Lebachra</b>     | 19/02/2022                        | 19 :25 min  | Boumahra      | N 36°460184       |
|                     | 20/03/2022                        | 16 :05 min  | Ahmed         | E7° 515336        |
| <b>Ain Remal</b>    | 19/02/2022                        | 19 :00 min  | Maouna        | N 36°370244       |
|                     | 20/03/2022                        | 16 :30 min  |               | E 7°391735        |



S1 : Source d'Ain Kton



S2 : Source d'Ain Besbassa



S3 : Source d'Ain Sellaoua



S4 : Source d'Ain Ksar

**Figures 23 :** Quelques photos des 04 sources de l'eau que nous avons étudié.

#### 4. Analyse bactériologique

Les analyses bactériologiques ont pour objectif de mettre en évidence la présence ou l'absence des bactéries ou des microorganismes qui modifient la qualité organoleptique d'une eau.

Actuellement, le contrôle bactériologique de l'eau est basé sur la technique de filtration sur membrane. Cependant cette technique n'a pas été utilisée dans le présent travail et ceci suite au manque de moyens.



Le travail est limité à la recherche sélective de certaines bactéries au détriment d'autres selon la disponibilité des milieux de cultures et des réactifs (**Khemis M, 2013**).

Dans la présente étude, nous avons effectués un dénombrement systématique des germes indicateurs de pollution qui ont été effectuées au niveau du laboratoire de 8 mai 1945 de Guelma et qui sont :

- Les germes revivifiables ;
- Les coliformes (coliformes totaux et fécaux) ;
- Les streptocoques fécaux ;
- Les anaérobies sulfite-réductions ASR ;
- Identification des germes pathogènes tels que Salmonelle, Staphylocoques, *Vibrio choléras*, Shigelles et Pseudomonas.

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

Les microorganismes revivifiables ce sont la totalité des bactéries, levures et moisissures capables de former des colonies dans un milieu de culture spécifié dans les conditions d'essai décrites (**Bouteldja M et al., 2016**). Elles se développent dans des conditions aérobies. Leur présence est indicatrice de pollution bactérienne.

Il s'agit d'une technique de numération des microorganismes après incorporation de volumes déterminés d'échantillon ou de ses dilutions dans un milieu gélosé. La recherche et le dénombrement des germes 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 à 37 C° (**Rejsek, 2002**).

- ✓ Germes totaux à 22°C : Ce sont les bactéries autochtones qui sont adaptées à la température de l'eau, le comptage des colonies obtenues se fait après incubation à 22°C durant 68 ±4h.
- ✓ Germes totaux à 37°C : Ce sont les bactéries potentiellement pathogènes car elles se développent à la température du corps humain. Le comptage des colonies obtenues se fait après incubation à 37 °C durant 44 ± 4h (**Carbannelle et al., 1988**).

#### **❖ Mode opératoire**



- ✓ A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement deux fois 01 ml dans deux boites de Pétri vides préparées à cet usage et numérotées.
- ✓ Compléter ensuite chacune des boites avec environ 20 ml de gélose TGEA fondue puis refroidie, maintenue à 45C°.
- ✓ 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 boite.
- ✓ Laisser solidifier sur paillasse environ 10 min, puis rajouter une deuxième couche d'environ 5ml de la même gélose (TGEA). Cette double couche a un rôle protecteur contre les contaminations diverses.
- ✓ Calculer le nombre de colonies formées présentes dans un millilitre d'échantillon bactéries au détriment d'autres selon la disponibilité des milieux de cultures et des réactifs.
- ✓ Retourner les boites et incuber les premiers à 37 °C pendant 48h et les autres à 22 °C pendant 72h (**Fig. 24**) (**Bouteldja M et al., 2016**).

#### ❖ Lecture

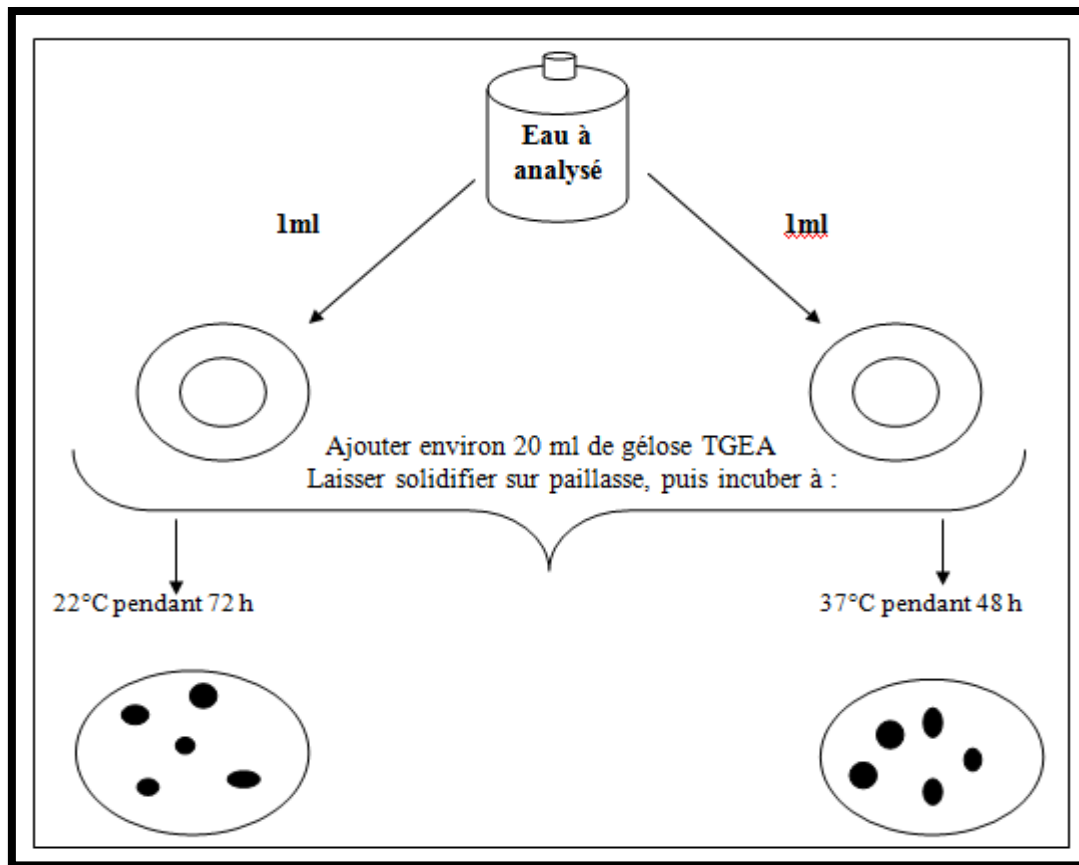
Les germes revivifiables se présentent dans les deux cas sous forme de colonies lenticulaires poussant en masse.

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

#### ❖ Dénombrement

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

- Dénombrer les boites contenant entre 15 et 300 colonies.
- Les résultats sont exprimés en nombre de micro-organismes revivifiables par 1 ml d'eau à analyser à 22C° et 37C° (**Alia S et al., 2018**).



**Figure 24** : Protocole de recherche et dénombrement des microorganismes revivifiants à 22°C et 37°C dans les eaux (Hadji F. 2020).

#### 4.2. Recherche et dénombrement des coliformes en milieux liquides (méthode de NPP)

Parmi le coliforme on a l'*E. coli* dont seule l'origine fécale est certaine. Il y'a 2 tests présomptif et confirmatif ; NPP (Colimétrie et Streptométrie).

##### a. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux *E. coli*

###### ❖ Définition

Les coliformes sont des bacilles à gram négatif, aéro-anaérobies facultatifs non sporulés, oxydase négatif, se multiplient en présence de sels biliars, fermentent le lactose avec production d'acide et de gaz en 24 à 48h à 37°C. Les Coliformes thermo tolérants ont les mêmes propriétés que les coliformes mais à 44 °C.

Les *Escherichia Coli* sont des coliformes thermo tolérants ayant la particularité de produire de l'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu à 44°C (**Derghoum N et al., 2021**).

### ❖ Principe

Le principe de cette méthode consiste à ensemencer de nombreuses prises d'essai d'un même échantillon et / ou de dilutions de celui-ci, dans des tubes de milieu de culture liquide conçu pour permettre la croissance d'un microorganisme ou d'un groupe de microorganismes qui se traduit par l'apparition d'un trouble du milieu après incubation.

La présence de microorganismes est donc confirmée et leur NPP est ensuite estimé statistiquement à l'aide d'un tableau de NPP (**Champsaur, 2007**).

Elle se fait en deux étapes consécutives :

### + Test de présomption

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

- 3 fois 10 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham ;
- 3 fois 1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham ;
- 3 fois 0.1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.

Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloches et bien mélanger le milieu, l'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures, seront considérés comme positif + ; les tubes présentant à la fois :

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

### ❖ Lecture

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

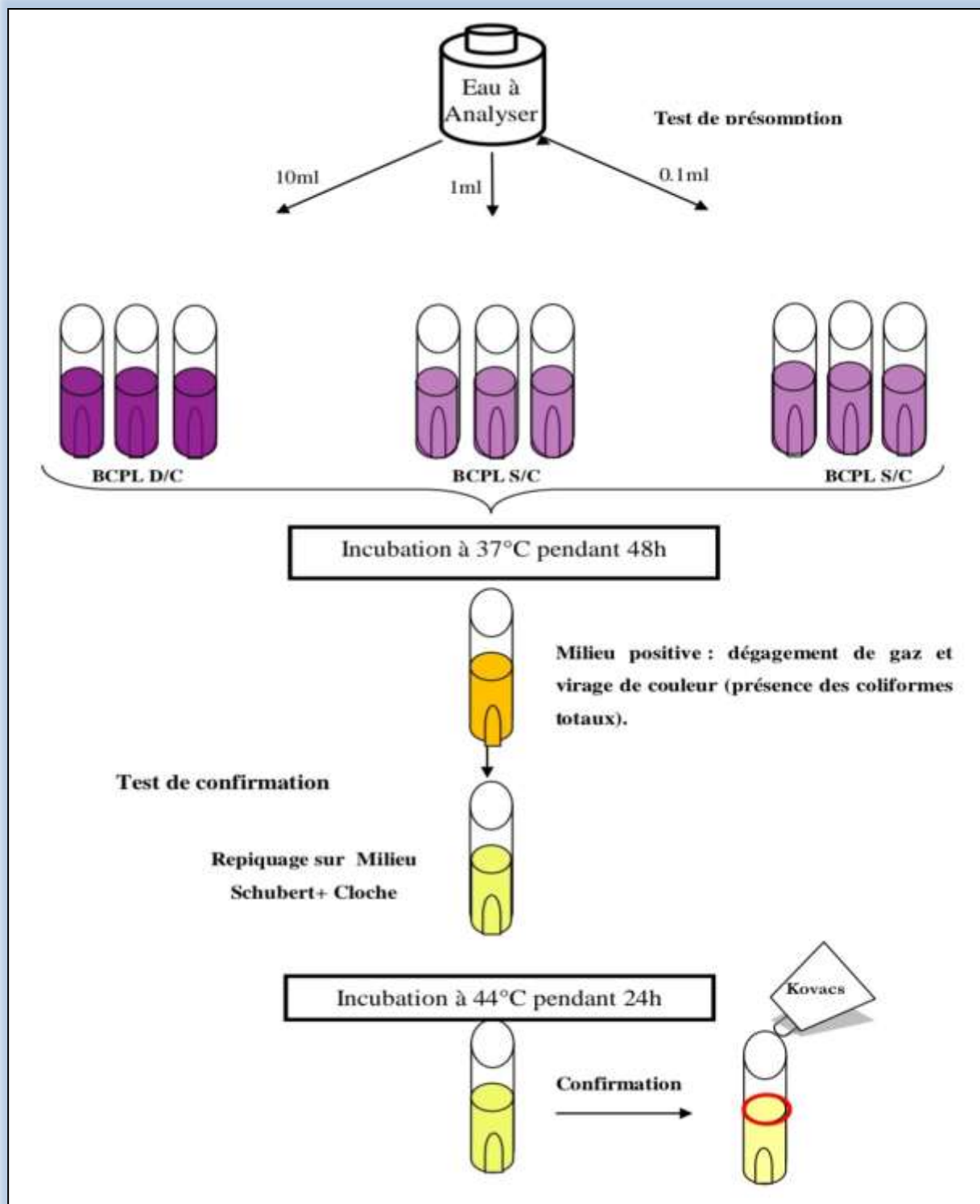
### ✚ Test de confirmation

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

- Un dégagement du gaz (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche).
- Un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *Escherichia Coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs (**Fig. 25**) (**Hadji F. 2020**).

### ❖ Lecture

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



**Figure 25 :** Protocol de recherche et dénombrement des coliformes (Alia *et al.*, 2018).

### b. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

Sous la dénomination générale d'Entérocoques, les Streptocoques fécaux sont en grande partie d'origine humaine. Certaines bactéries de ce groupe proviennent des fèces des

animaux tel que : *Streptococcus bovis*, *S. equinus*, *S. gallolyticus*, *S. alactolyticus*, ou se rencontrent même sur des végétaux.

Ce sont des bactéries sphériques, en paires ou en chaînâtes, à Gram positif, catalase négatif, anaérobies facultatifs qui hydrolysent l'esculine en présence de bile. Cependant, elles sont considérées comme indicateurs d'une pollution fécale dont leur principal intérêt est la résistance à la dessiccation et persistent plus longtemps dans l'eau.

La présence des Streptocoques fécaux est évaluée par dénombrement en milieu liquide à l'aide de deux bouillons de culture (milieu de Rothe et le milieu Eva Litsky) comme suit **(Fig. 27) (Bouteldja M et al., 2016)**.

Elle se fait en deux étapes consécutives :

#### **Test présomptif**

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

- 3 fois 10 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu Roth D/C.
- 3 fois 1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu Roth S/C.
- 3 tubes contenant 10 ml de milieu Roth S/C.
- Bien mélanger le milieu et l'inoculum.
- 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.

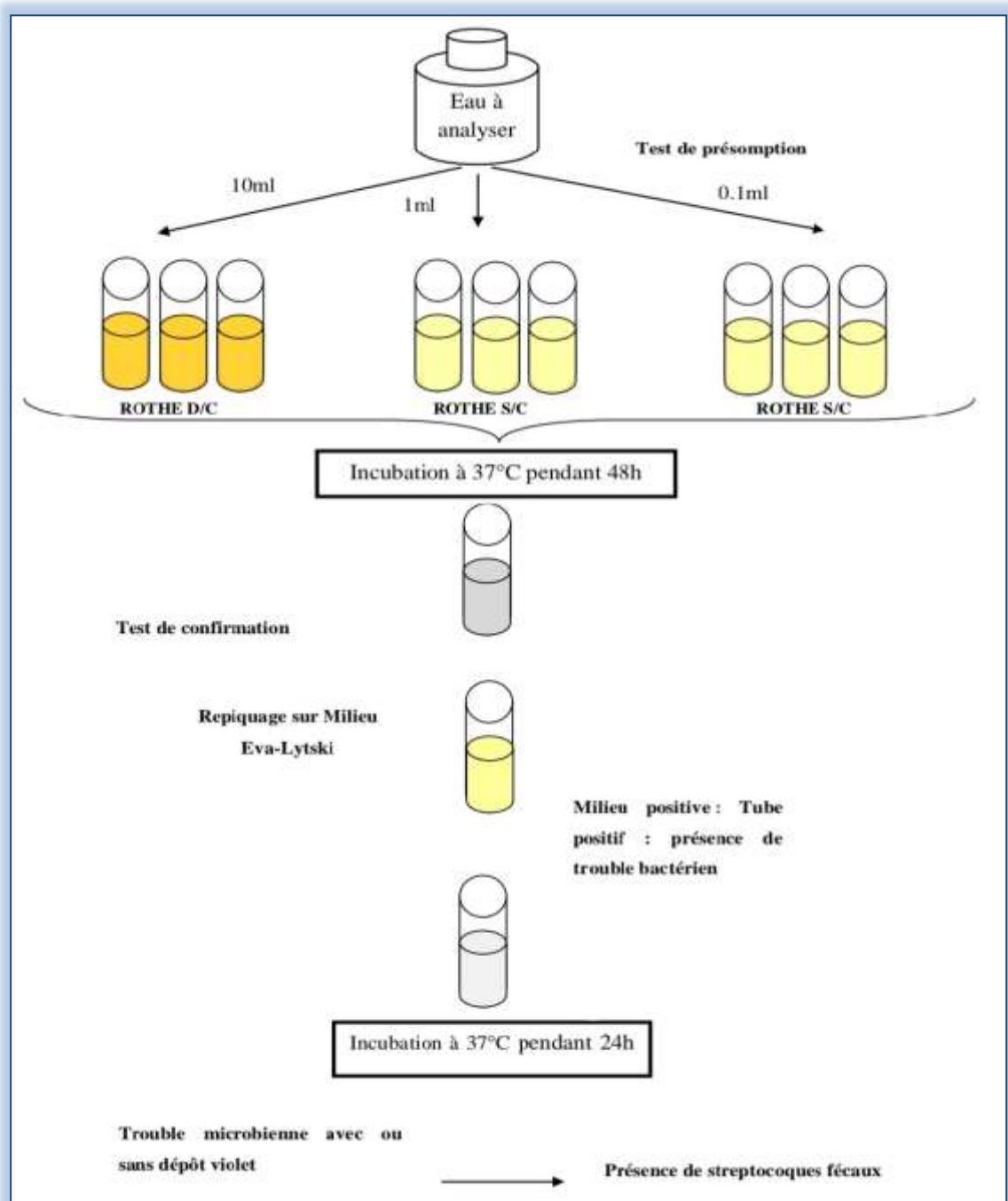
#### **Test confirmatif**

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des Streptocoque fécaux éventuellement présents dans le test de présomption, Les tubes de Rothe positifs, après l'agitation, prélevée de chacun d'eux quelques gouttes à l'aide d'une pipette pasteur, les ensemençer dans des tube contenant le milieu Eva Litsky, bien mélanger le milieu et l'inoculum et l'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures **(Fig. 26)**.

## ❖ 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 prescriptions de la table du NPP, le nombre de streptocoques fécaux est par 100 ml d'eau analysée (Lebres, 2006).



**Figure 26 :** Protocole de Recherche et dénombrement des Streptocoque fécaux (Alia et al., 2018).



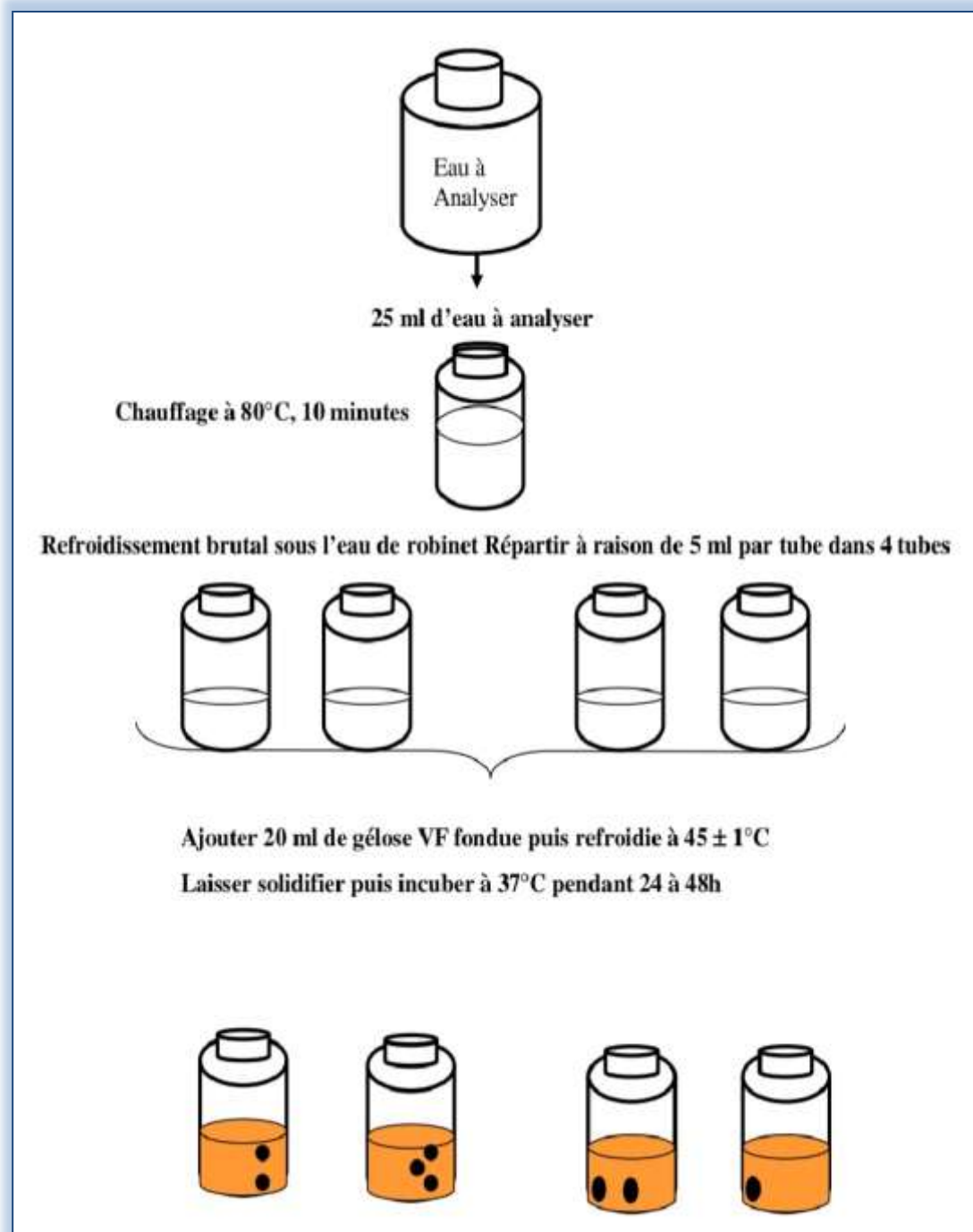
### c. Recherche et dénombrement des bactéries anaérobies sulfito-réductrices (ASR)

Les anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) se présentent sous forme de bactéries Gram +, se développant en 24 à 48 heures sur une gélose viande de foie (VF) en donnant des colonies typiques réduisant le sulfite de sodium ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de  $\text{Fe}^{2+}$  donne  $\text{FeS}$  (sulfure de fer) de couleur noire. Les spores des ASR constituent généralement des indices de contamination ancienne (**Lebres, 2006**).

#### ❖ Mode opératoire

A partir de l'eau à analyser (SM) :

- 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.
- Après chauffage, refroidir immédiatement le tube sous l'eau de robinet.
- Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5 ml par tube.
- Ajouter environ 18 à 20 ml de gélose Viande Foie fondue puis refroidir à  $45 \pm 1^\circ\text{C}$ , additionnée ensuite d'une quantité de 0,5 ml de la solution de sulfite de sodium et 4 gouttes de la solution d'alcalin de fer.
- Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant d'introduire des bulles d'air (éviter l'introduction de l'oxygène). Puis on rajoute l'huile de paraffine pour créer des conditions d'anaérobiose.
- Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes environ, puis incuber à 37°C, pendant 24 à 48 heures (**Fig. 27**) (**Lebres, 2006**).



**Figure 27 :** Recherche et dénombrement des spores des anaérobies sulfito- réducteurs (ASR) (Alia *et al.*, 2018).

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

Pour déterminer l'origine de la contamination fécale des eaux étudiées nous avons utilisé le rapport CF/SF qu'est définis par Borrego & Romero (1982) ; la contamination est d'origine animale si le rapport (R) coliformes fécaux (CF)/ streptocoques fécaux (SF) est inférieur à

0,7, et d'origine humaine si ce rapport est supérieur à 4. L'origine de la contamination est mixte à prédominance animale si R est compris entre 0,7 et 1 ; cette origine est incertaine si R est compris entre 1 et 2. L'origine de la contamination est mixte à prédominance humaine si R se situe entre 2 et 4 (Nechakhet *al.*, 2015).

### 4.3. Recherche des germes pathogènes

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

Les germes recherchés sont choisis, dans les limites des moyens disponibles. Les germes recherchés sont : Salmonella, Staphylocoques, *Vibrio cholérique*, Shigella, *Pseudomonas aeruginosa*. Les milieux utilisés sont : Mac Conkey, Gélose Salmonella-Shigella (SS), Hektoen, Chapman, GNAB, Citrimide, King A, et King B.

L'inoculum prélevé à partir de l'eau à analyser et déposé sur un point périphérique de la gélose puis disséminé par stries sur toute la surface de la boîte de pétri. Les boîtes sont codées puis incubées à 37 °C pendant 24-48 heures.

#### a. Recherche des salmonelles

Les Salmonelles sont des bactéries entériques en forme de bâtonnets, anaérobies facultatives, Gram négatif, mobiles pour la plupart avec des flagelles péritriches et qui produisent du sulfure d'hydrogène. Se développent à une température de 37°C pendant 24 à 48 heures sur milieu Hektoen, formant ainsi de petites colonies lisses à contours réguliers, pigmentées en vert à centre noir. Les Salmonelles se divisent en deux grands groupes : les mineures et les majeures qui sont hautement pathogènes (Khemis M, 2013).

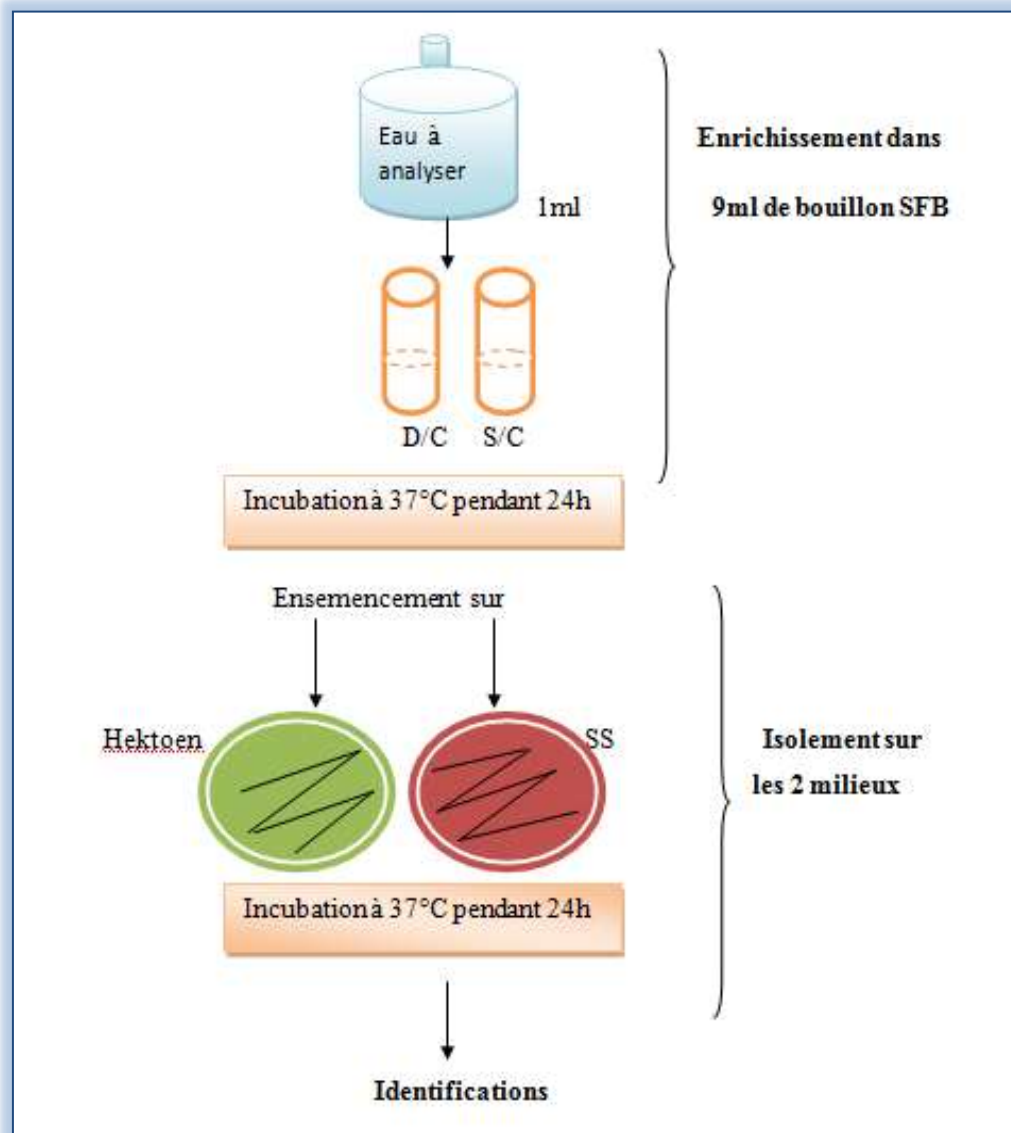
#### ❖ Mode opératoire

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

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

• **Etape 3** : Après l'incubation, une lecture s'effectuera sur les boîtes contenant la gélose Hektoen, sachant que les salmonelles se présentent sous forme de colonies moyennes de couleur vertes généralement à centre noir (**Fig. 28**) (**Lebres, 2002**).

- Identification par les deux tests : catalase et oxydase.



**Figure 28** : Protocole de recherche et identification des Salmonelles (**personnel**).

### b. Recherche des staphylocoques

Les Staphylocoques sont des *cocci* à Gram positive, très répandus dans la nature (air, eau, sol) et vivent souvent à l'état commensal sur la peau et les muqueuses des humains et des

animaux. Le genre *Staphylococcus* est constitué de plusieurs espèces dont les principaux : *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermis*, *Staphylococcus saprophyticus*, *Staphylococcus Intermedius* (**Bouteldja et al., 2016**).

#### ❖ Mode opératoire

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

#### ❖ Isolement

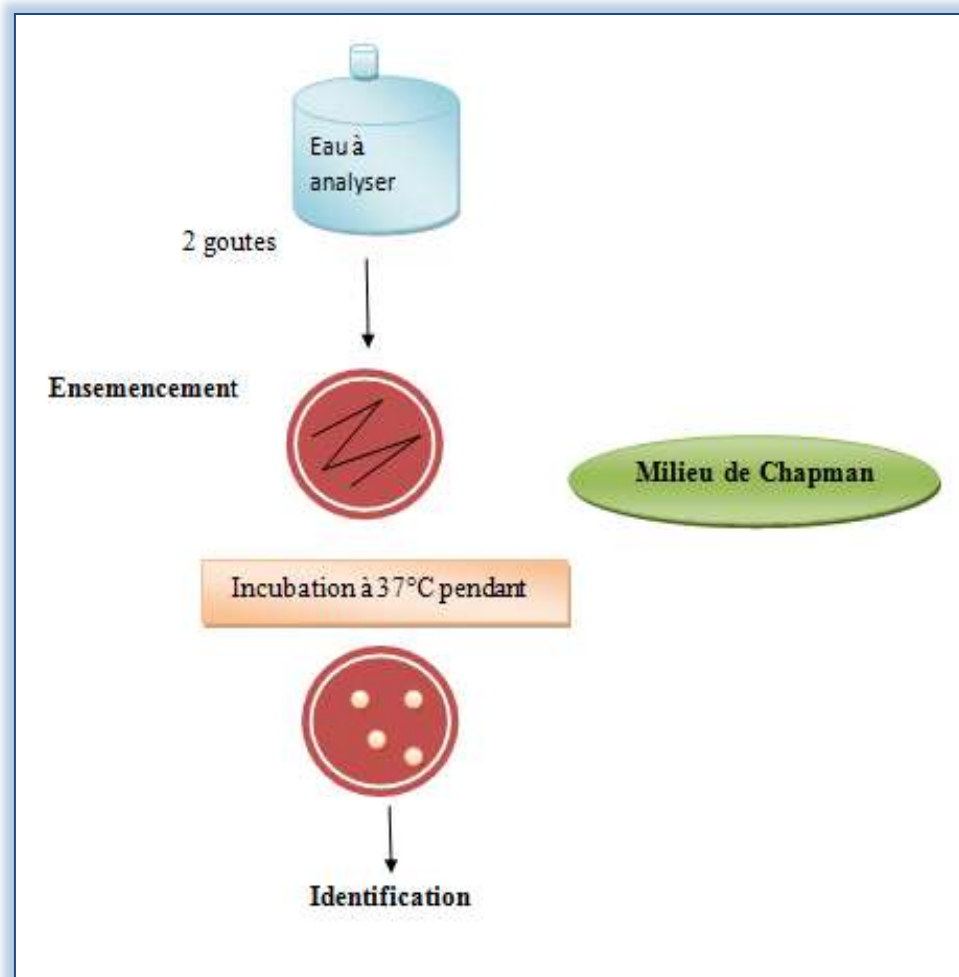
A partir de la solution mère et à l'aide d'une anse de platine stérile, porte 2 gouttes de l'eau et ensemercer sur une boîte de milieu Chapman. Incuber à 37 °C pendant 24h (**Fig. 29**).

#### ❖ Lecture

Les colonies de *Staphylococcus aureus* s'entourent d'un halo jaune du à l'attaque du mannitol.

Le milieu de Chapman permet seulement une orientation pour l'identification de l'espèce *Staphylococcus aureus*. Mais il ne s'agit que d'une étape de présomption et d'une confirmation par des tests spécifiques reste obligatoire (**Joffin et Leyrol, 2001**).

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



**Figure 29** : Protocole de recherche de *Staphylococcus* (personnel).

### c. Recherche des *Pseudomonas*

On entend par *Pseudomonas* une bactérie qui se présente sous forme de bacille à Gram négatif possédant l'enzyme oxydase et capable de produire de l'ammoniac à partir de l'acétamide et de dégrader pas le lactose (Rejsek,2002).

#### ❖ Mode opératoire

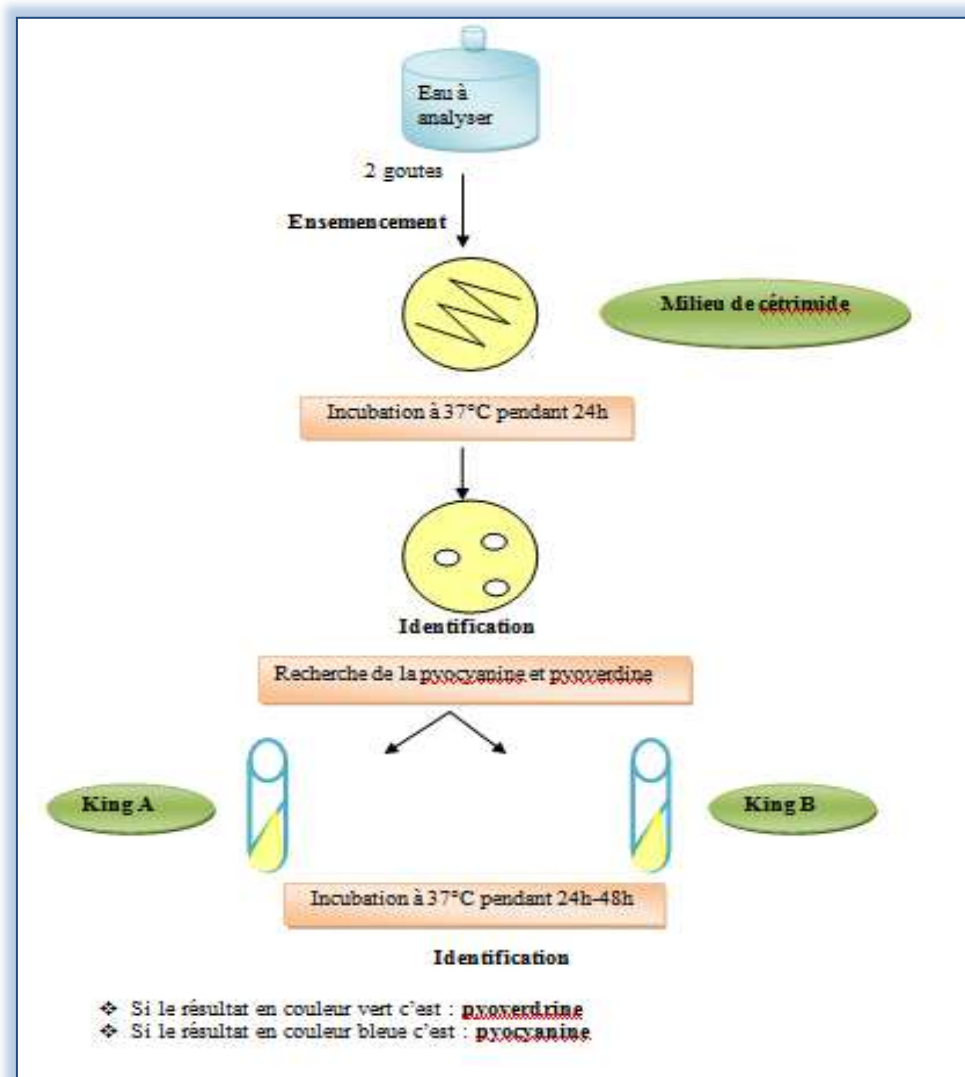
A partir de l'eau à analyser porter aseptiquement 2 gouttes et ensemencher à la surface de gélose cétrimide, puis les incuber a  $36 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant 18 à 24 h.

On a fait aussi l'ensemencement fait sur la surface de milieu de culture King A et King B. L'incubation des milieux à  $37^\circ\text{C}$  pendant 24 heures (Fig. 30).

Considéré comme colonie caractéristique toute colonie présentant une fluorescence, du fait de la sélectivité du milieu Cétrimide. Les colonies de Pseudomonas apparaissent souvent de grandes tailles (1-3mm), à bord irréguliers, lisses régulières et bombées (**Hadji F. 2020**).

### ❖ Identification

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



**Figure 30:** Protocole de recherche de Pseudomonas (**Personnel**)



#### d. Recherche des shigelles

Les shigelles (genre *Shigella*) sont des *Enterobacteriaceae* rencontrées exclusivement chez l'homme. Elles ne font partie d'aucune flore commensale chez l'homme, elles sont toutes pathogènes et spécifiques du tube digestif éliminées par les selles et dispersés dans les sols et les eaux ou elles ne survivent que peu de temps.

Morphologiquement, ce sont des bacilles Gram négatifs, immobiles ; dépourvus de spores et de capsules très proches du *E. coli* (Berche et al., 1988).

#### ❖ Culture

A partir de l'eau à analyser porter aseptiquement 2 gouttes et l'étaler à la surface de Gélose Mac Conkey, Gélose salmonella-Shigella (SS) et Gélose Hektoen, puis les incuber a  $36 \pm 2$  °C pendant 18 à 24 h, et après sont identifiés par les deux tests \*catalase et \*oxydase (Fig. 31).

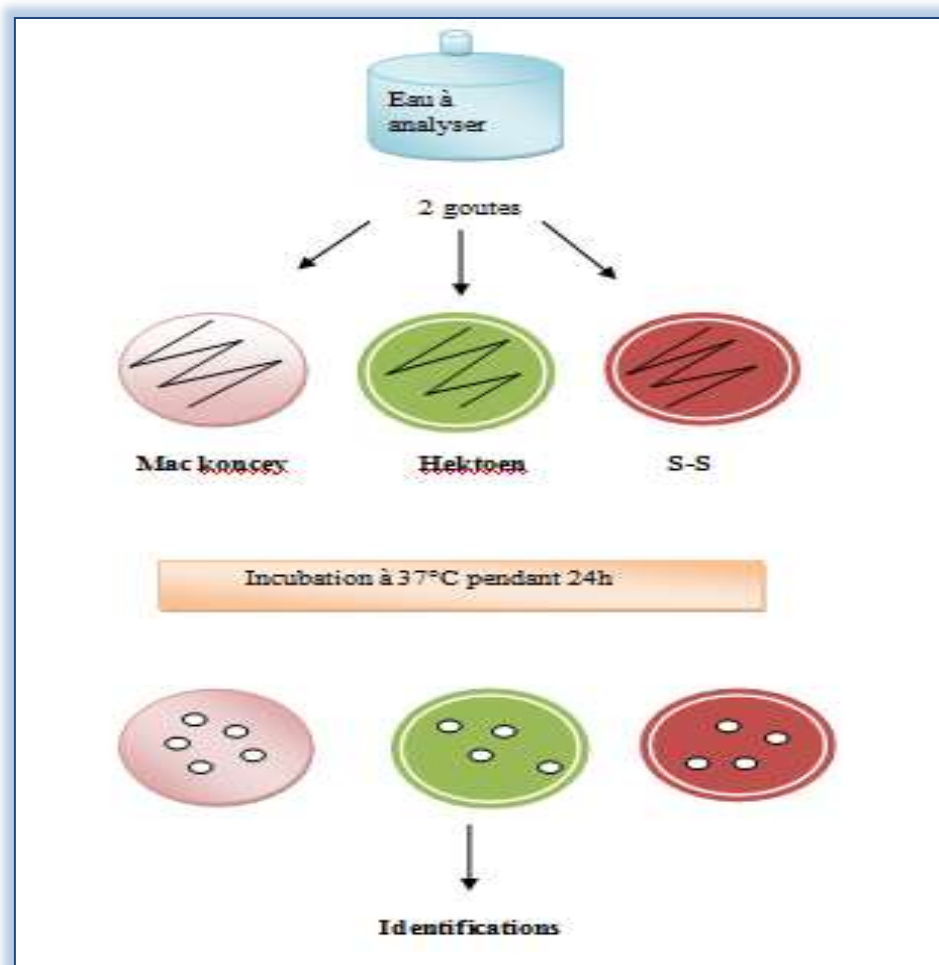


Figure 31 : Protocole de recherche des Shigelle (personnel).

### e. Recherche de *Vibrio cholériques*

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

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

Les colonies de *vibrio* sont fines, plate, transparente et blanches sur gélose GNAB (Hadji F. 2020).

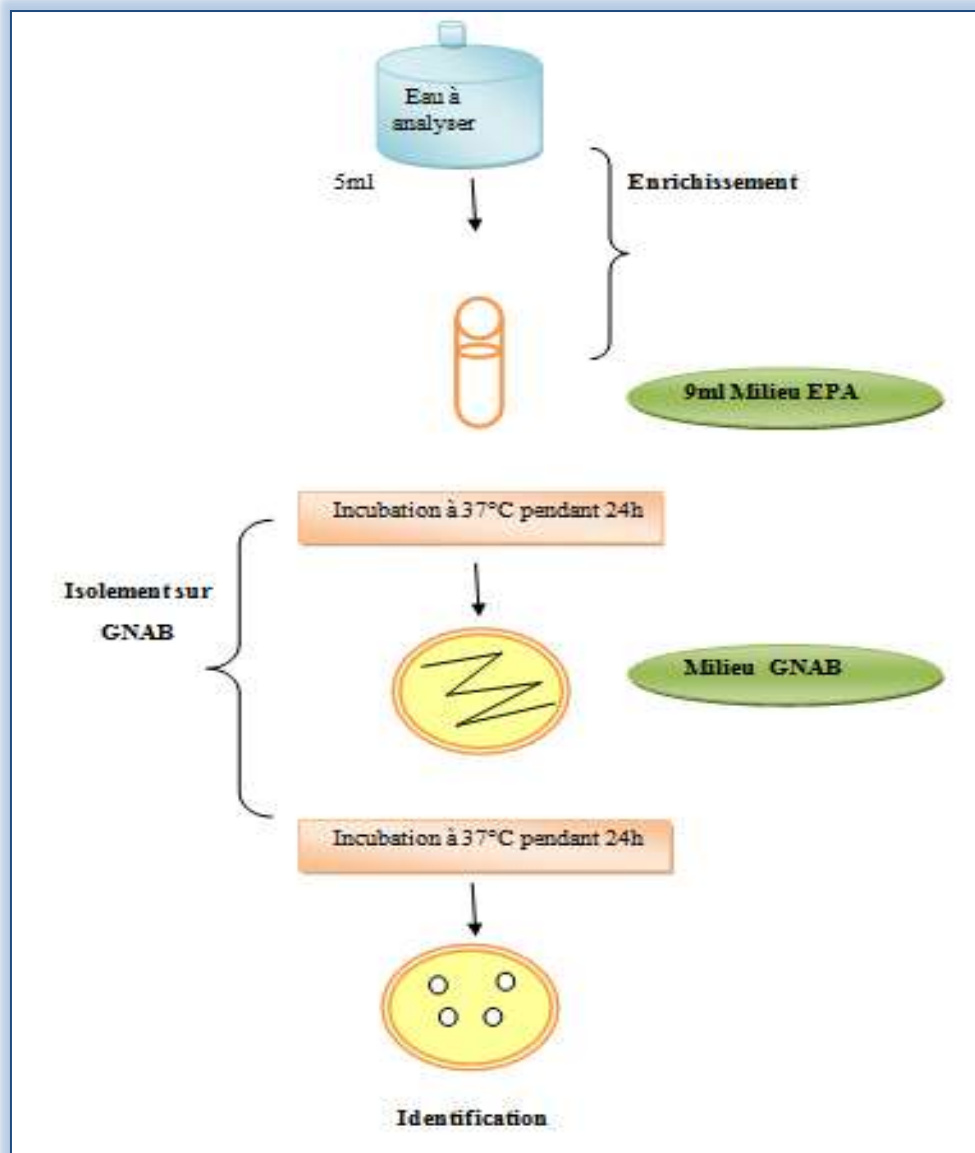
#### ❖ Mode opératoire

• **Etape 1:** L'enrichissement primaire s'effectue sur le milieu eau peptonée 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 (Fig. 32) (Labres et al., 2008)

➤ Identification par les deux tests catalase et oxydase.



**Figure 32 :** Protocole de recherche de *Vibrio cholerae* (personnel).

#### 4.4. Identifications biochimiques des germes.

L'identification est basée essentiellement sur :

- Test oxydase (+) ;
- Test catalase (+) ;
- Coagulasse (+) ;

#### 4.4.1. Recherche de l'oxydase

Le terme d'oxydase désigne une enzyme recherchée en bactériologie systématique. La présence d'oxydase serait liée à celle dans la chaîne respiratoire du complexe enzymatique IV : cytochrome-oxydase (Carbannelle et Kouyoumdjian, 1998). Ce test est à la base de l'identification des bactéries Gram (-).

##### ❖ Le principe

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

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

Réactif incolore — phénylènediamine oxydase — composé rosé.

##### ❖ La technique

Le réactif peut se trouver sous deux formes :

- Soit en solution : sur une lame de verre, déposer un carré de papier filtre et l'imbiber d'une solution fraîchement préparée de réactif.
- Soit sous la forme d'un disque pré-imbregné par le réactif. Dans les deux cas, écraser avec une effilure de pipette Pasteur une colonie de germes à étudier sur ce papier (instrument n'oxydant pas le réactif) (Fig. 33) (Amira W, 2008).

##### ❖ La Lecture

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

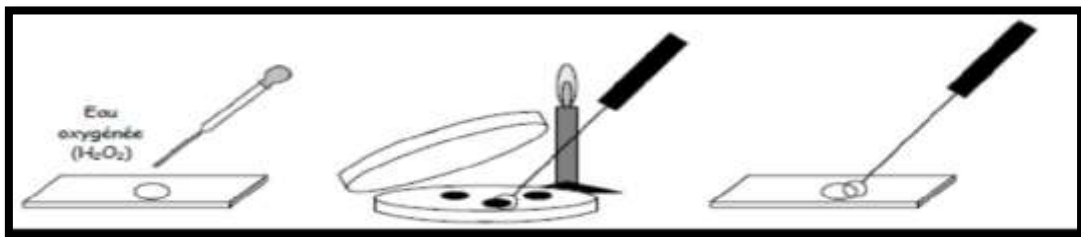


Figure 33 : Recherche d'oxydase (Alia et al., 2018).

#### 4.4.2. Recherche de catalase

La catalase est un produit métabolique toxique pour les bactéries. Pour se faire, on ajoute une goutte de peroxyde d'hydrogène 30% (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) à la colonie placée sur une lame de microscope. On remarque une production de bulle (libération de gaz) lorsque la réaction est positive. Ce test sert notamment à différencier les bactéries de la famille des *Micrococaceae* (*Staphylococcus*) catalase (+) de celle des (*Streptococaceae*) catalase (-) (Delarras, 2003).

##### ❖ Le principe

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



Ce test est à la base de l'identification de bactéries Gram (+).

##### ❖ La technique

Sur une lame porte-objet, nous avons déposé une goutte d'eau oxygénée (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) et nous avons ajouté une dose de bactéries prélevées à partir du milieu gélosé de la souche (Fig. 34).

##### ❖ La lecture

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

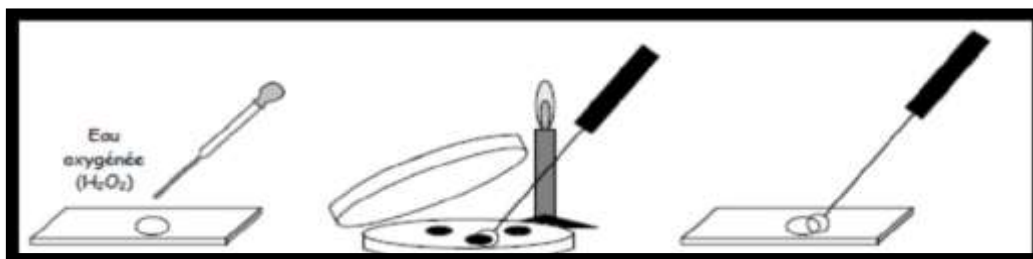


Figure 34 : technique de catalase (Alia S et al., 2018).

#### 4.4.3. Recherche de staphylocoagulase

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

### ❖ Le principe

Cet est a pour but de mettre en évidence la pathogénicité d'un staphylocoque. Les Staphylocoques pathogène secrètent une enzyme dite "la staphylocoagulase" qui a la propriété de coaguler le plasma (Aouissi, 2010).

Cinq colonies sont repiquées sur des tubes de bouillon cerveau-cœur, après incubation à 37°C pendant 18 heures, 0.5 ml de culture sont ajoutés à 0.5 ml de plasma de lapin. L'ensemble est bien agité, puis incubé à 37°C. Les tubes sont examinés après une heure, 04 heures, puis après 24 heures (Fig. 35) (Bourgeois et Leveau, 2008).

### ❖ La Lecture

- ✓ S'il y a coagulation du plasma, le test coagulase est positif ; la souche est *Staphylococcus aureus*.
- ✓ S'il n'y a pas de coagulation du plasma, test coagulase est négatif ; Le résultat est ininterprétable, il faut faire d'autres tests (ADNase thermostable, recherche protéine A, recherche récepteur au fibrinogène) (Souadkia et Zaimen, 2015).



**Figure 35 :** Recherche de l'enzyme coagulase (Hadji F, 2020).

A decorative graphic of a scroll with a black outline and grey shading on the rolled-up ends, framing the text.

# **Chapitre IV :**

# **Résultats et discussion**



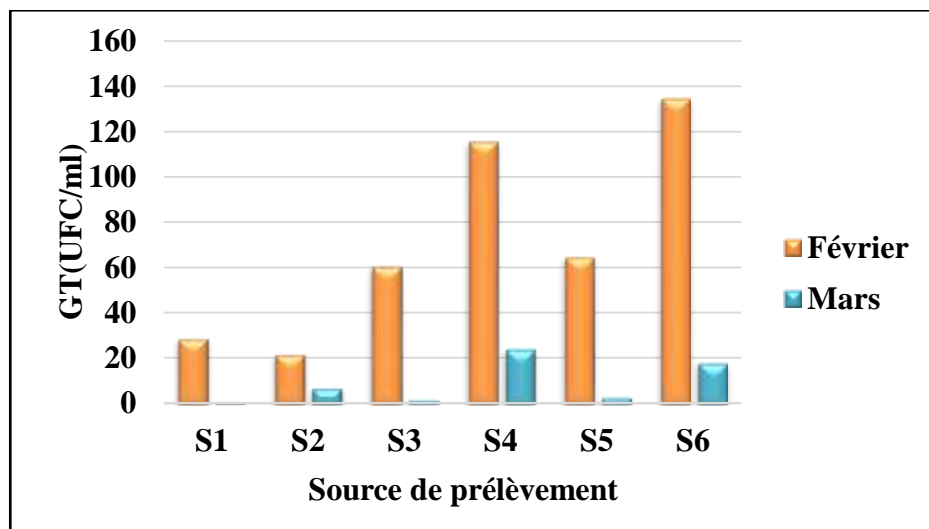
## 1. Résultats d'analyses bactériologiques

Les résultats des analyses bactériologiques des échantillons d'eau ont été présentés et obtenus sous forme de graphiques exprimant les variations entre les différents paramètres étudiés.

### 1.1. Résultat des germes totaux

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

Les résultats de la recherche et le dénombrement des germes totaux dans les six sources de l'eau durant la période d'étude sont présentés dans les deux figures (**Fig. 36**) et (**Fig. 37**) pendant les deux températures différentes 37 °C et 22 °C.

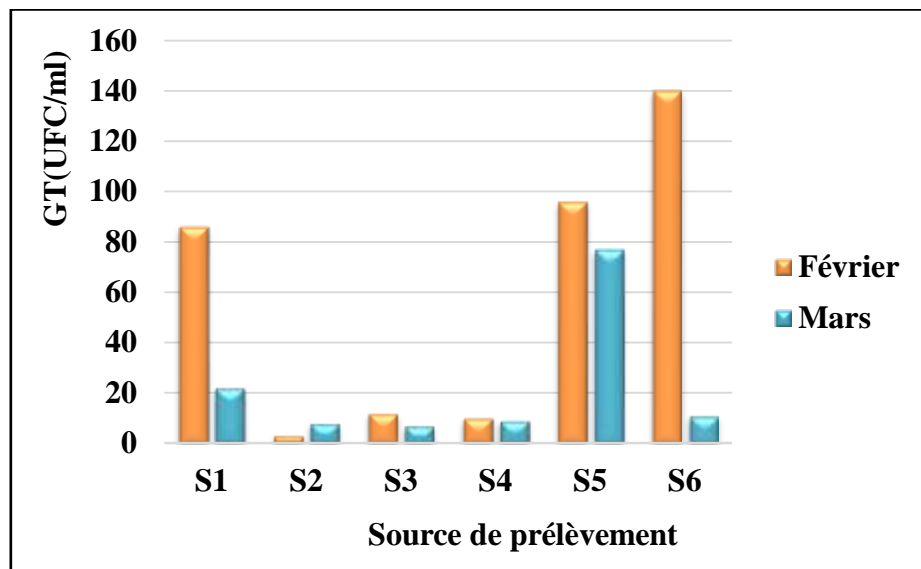


**Figure 36** : Evolution des germes revivifiants à 37°C de l'eau de six sources (Février et Mars 2022).

Pour les germes totaux à 37 °C dans le mois de Février, on a remarqué que tous les sites de prélèvements (les six sources) ont des teneurs qui sont 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 dans la source S6 de 135 UFC/ml durant le mois de Février, alors que durant le même mois la valeur minimale est de 22 UFC/ml, elle a été

dénombrée dans la source S2, et ce qui indique l'existence d'une contamination de l'eau par la présence des bactéries d'origine intestinale (humaine ou animal).

Par contre pour le mois de Mars, on a enregistré une seule valeur qui est légèrement dépassé la norme fixée par l'OMS et Journal Officiel de la République Algérienne (24 UFC/ml) (JORA, 1998 ; OMS, 2011) dans la source S4.



**Figure 37 :** Evolution des germes revivifiables à 22°C de l'eau de six sources (Février et Mars 2022).

Pour les germes totaux à 22°C, la valeur la plus élevée a été enregistrée dans le site S6 à 140 UFC/ml pendant le mois de Février et elle dépasse la limite fixée par l'OMS et le Journal Officiel de la République Algérienne (100 UFC/ml) (JORA, 1998 ; OMS, 2011), tandis que les sites S1, S2, S3, S4 et S5 restent inférieures. Et pour le mois de Mars les valeurs varient entre [7-77 UFC/ml] et restent dans la limite fixée (100 UFC/ml).

On a conclu donc qu'il y a une contamination seulement au niveau de site S6 (Ain Remal) dans le cas des germes à 22°C, ce qui indique l'existence d'une contamination de l'eau par la présence des bactéries d'origine résiduaire (environnementale).

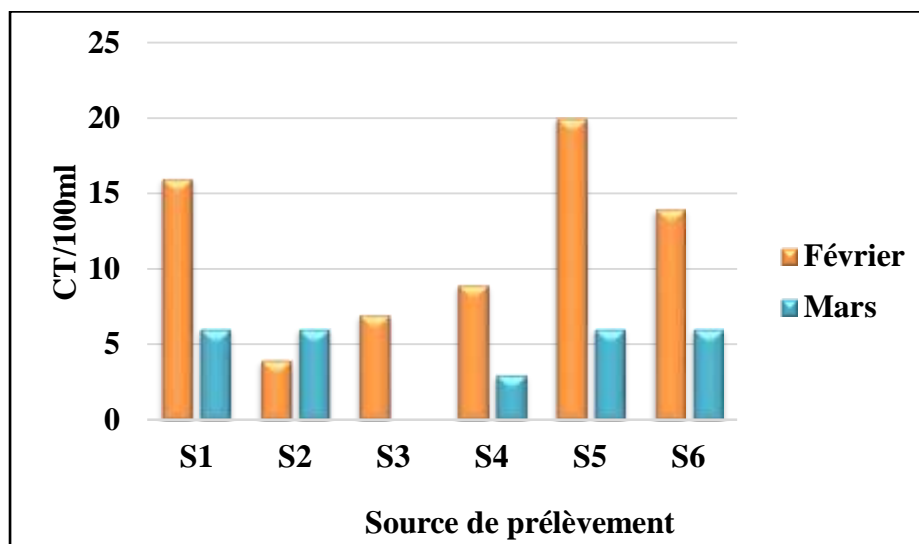


**Figure 38** : Résultat de la recherche à des germes totaux (revivifiâbles).

## 1.2. Résultat des coliformes totaux et coliformes fécaux

### 1.2.1. Résultat des coliformes totaux (CT)

Les coliformes totaux constituent un groupe hétérogène de bactéries d'origine fécale et environnementale. 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 (Nechakh F. *et al.*, 2015). La variation du nombre des bactéries dans les différents sites de prélèvement pendant les deux mois sont illustrés dans la figure ci-dessous (Fig.39).



**Figure 39** : Variation CT (coliformes totaux) /100 ml des eaux de six sources (Février et Mars, 2022).

Pour les coliformes totaux, nous observons que la valeur maximale obtenue a été enregistrée dans le site S5 à (20 CT/100ml) pendant le mois de Février, Par contre on remarque l'absence totale de ces germes au niveau de la source (S3) pendant le mois de Mars.

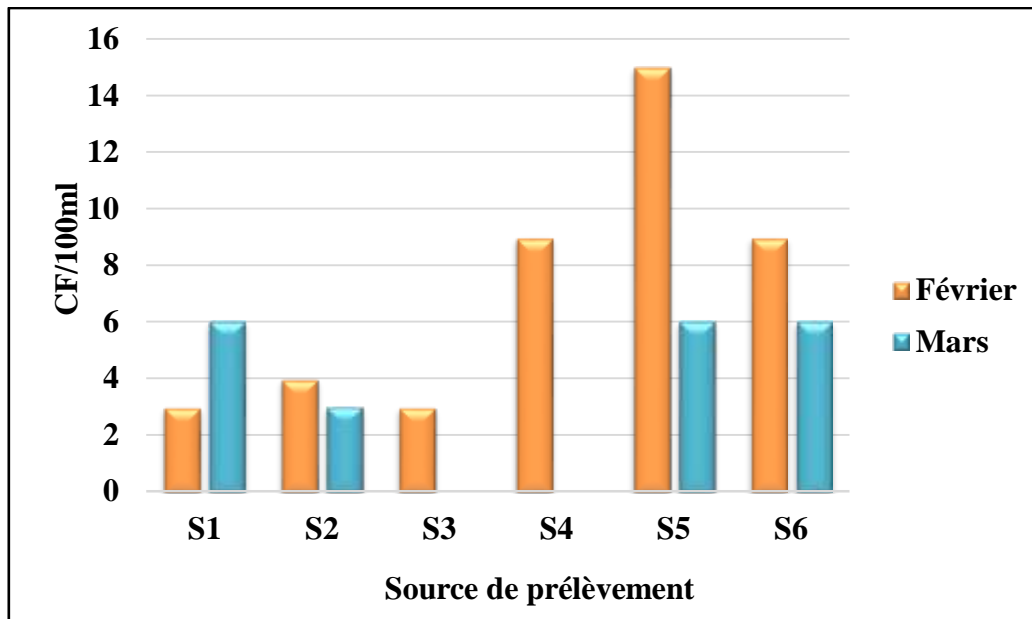
D'après ces résultats, on remarque que les valeurs enregistrées dans les sites S1, S5 et S6 pendant le mois de Février dépassent légèrement les valeurs seuils établies par l'OMS de la réglementation algérienne qui sont 10 CT/100ml (JORA, 1998 ; OMS, 2011). Ce qui traduit la présence des coliformes qui peut être due aux activités humaines. Alors que les concentrations des coliformes totaux au niveau des sources S2, S3 et S4 pour le mois de Février sont variables mais sont toujours inférieures par rapport aux normes.

Pour le mois de Mars les valeurs enregistrées dans toutes les sources ont été inférieures aux normes. Ces valeurs sont dues probablement à la dilution des eaux par des eaux pluviales autant que des quantités importantes de pluie sont tombées avant notre deuxième échantillonnage (le mois de Mars). Le nombre des coliformes totaux est naturellement plus important que celui des coliformes fécaux.

### 1.2.2. Résultat des coliformes fécaux (CF)

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

*Escherichia coli* est le coliforme le mieux représenté dans les matières fécales, sa recherche est donc extrêmement importante. L'évolution du nombre des coliformes fécaux dans l'eau de six sources sont présentées dans la figure (Fig.40).



**Figure 40 :** Variation des CF (coliformes fécaux) /100 ml des eaux de six sources (Février et Mars, 2022).

D'après l'examen de graphe illustré dans la figure 32, nous montre que le nombre de coliformes fécaux dépasse la norme de la réglementation algérienne (**JORA, 2017**) et de l'OMS (0 CF/100ml) pour les six sources S1, S2, S3, S4, S5 et S6 pour le mois de Février, avec une valeur maximale enregistrée dans S5 à une charge de (15CF/100ml), tandis que pour la source d'Ain Sellaoua (S3) et Ain ksar (S4), dans le mois de Mars nous avons rien trouvé, mais on a dénombré (6CF/100ml), (5CF/100ml), et (6CF/100ml) pour S1, S2, et S6, successivement.

La présence des coliformes fécaux dans les eaux de consommation atteste d'une pollution ou d'une contamination d'origine fécale. Cette contamination traduit les circonstances météorologiques durant l'échantillonnage, dont les eaux de nappes peu profondes sont plus souvent contaminées suite au lessivage des déchets des animaux après de fortes précipitations.

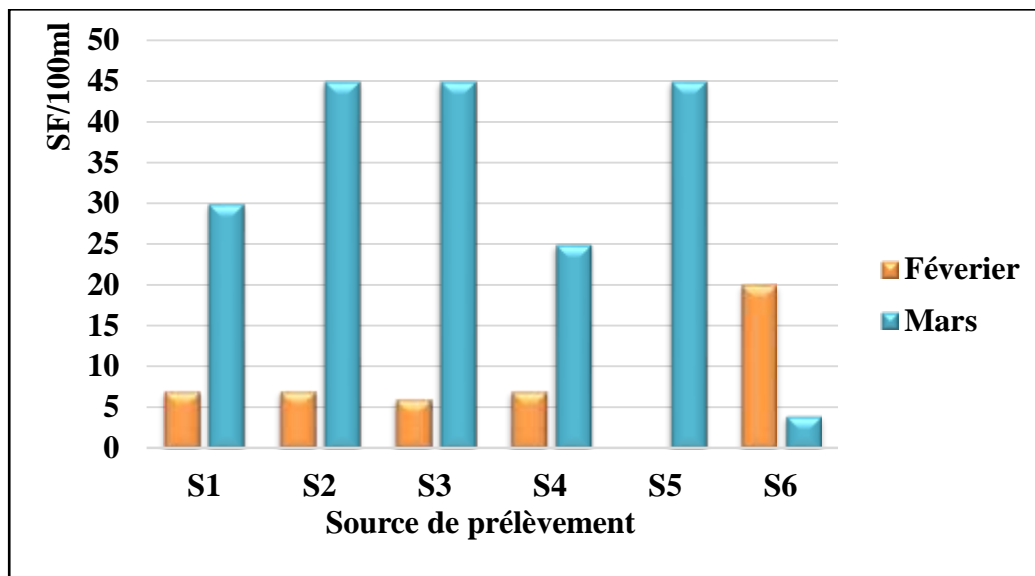


**Figure 41** : Résultat obtenue lors de la recherche des coliformes fécaux

### 1.3. Résultat des streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux sont des flores intestinales dominantes chez les animaux herbivores domestiques. 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 suivante.



**Figure 42:** Variation des SF (streptocoques fécaux) /100 ml des eaux de six sources (Février et Mars 2022).

D'après la figure 44 qui présente la variation des streptocoques fécaux dans les six sources d'eau, on a noté que le mois de Mars renferme les valeurs maximales pour la plupart des sources (S1, S2, S3, S4, S5).

Où le nombre maximal de ces germes obtenus pour le mois de Février a été enregistré au niveau de la source S6 (20SF/100ml), et pour le mois de Mars la valeur maximale (45SF/100ml) a été dénombrée au niveau de trois sources S2, S3 et S5. Par contre on a enregistré une absence totale au niveau de la source S5 (0 SF/100ml) pour le mois de février.

Les valeurs enregistrées varient entre [0-45UFC/100ml] dépassent ainsi les normes d'OMS limité et de la réglementation algérienne (0UFC/100ml). Donc il est probable que la présence des animaux domestiques au voisinage des sources représente la cause principale de cette contamination.

### 1.3.1. Résultats de la détermination de l'origine de la contamination fécale

Le rapport CF/SF a été utilisé en 1969 par Geldreich et Kenner. Où un ratio 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 d'origine incertaine, CF/SF compris entre 2 et 4 mixte à prédominance humaine, CF/SF > 4 Source exclusivement humaine (Bouteldja M et al., 2016).

**Tableau 04 :** Origine de la pollution selon le rapport coliformes fécaux/streptocoques fécaux (CF/SF).

| Les sources |         | Le rapport CF/SF | L'origine de la contamination fécale |
|-------------|---------|------------------|--------------------------------------|
| S1          | Février | <b>0,41</b>      | Origine animal                       |
|             | Mars    | <b>0,2</b>       | Origine animal                       |
| S2          | Février | <b>1,28</b>      | Origine incertaine                   |
|             | Mars    | <b>0,06</b>      | Origine animal                       |
|             | Février | <b>0,5</b>       | Origine animal                       |



|           |         |             |                    |
|-----------|---------|-------------|--------------------|
| <b>S3</b> | Mars    | <b>0</b>    | Origine animal     |
|           | Février | <b>1,28</b> | Origine incertaine |
| <b>S4</b> | Mars    | <b>0</b>    | Origine animal     |
|           | Février | -           | -                  |
| <b>S5</b> | Mars    | <b>0,13</b> | Origine animal     |
|           | Février | <b>1</b>    | Origine incertaine |
| <b>S6</b> | Mars    | <b>1,5</b>  | Origine incertaine |

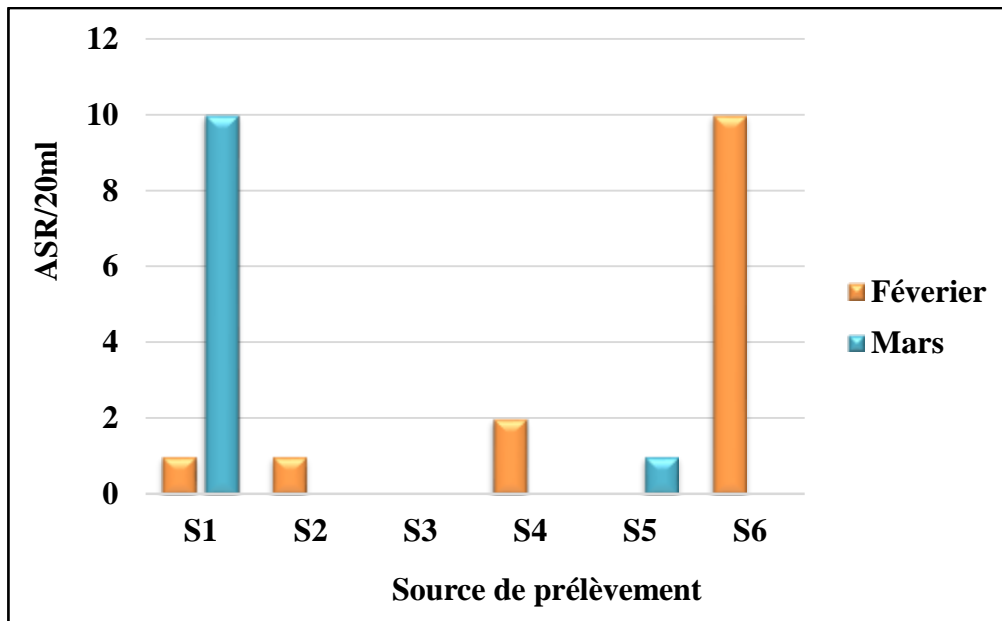
Selon les résultats obtenus sur le tableau au-dessus(**tab.04**), le rapport CF/SF montre que l'origine de la contamination fécale pour les sites S1(Ain Kton), S3 (Ain Sellaoua) et S5(Ain Lebachra) est animale pendant les deux mois, tandis que la contamination est d'origine incertaine pour les deux autres sources S2(Ain Besbassa) et S4 (Ain Ksar) pendant le mois de Février et d'origine animale pendant le mois de Mars, et pour le site S6, la contamination est d'origine incertaine pendant les deux mois.

On conclut donc que l'origine de la contamination fécale se déroule entre origine animale et origine incertaine et varie d'une source à l'autre.

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

Les anaérobies sulfito-réducteurs sont des bactéries d'origine fécale, elles sont des germes capables de se sporuler et de se maintenir longtemps dans l'eau. Elles sont donc les témoins d'une pollution ancienne (**Rejsek, 2002**). Ils sont plus difficilement tués par les désinfectants, c'est pour cela constituent un bon indicateur de l'efficacité de la désinfection (**Hamed et al., 2012**).

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



**Figure 43 :** Variation des ASR/20ml (anaérobies sulfito-réductrices) des eaux de six sources (Février et Mars 2022).

La présentation graphique au-dessous (**Fig. 43**) montre que les valeurs élevées des spores des ASR ont été enregistrées au niveau des sources S6 (pour le mois de Février) et S1 (pour le mois de Mars) qui ont été indénombrables (dans l'histogramme mentionnée comme une valeur de 10 afin de bien présenter les résultats), ces résultats ont été dépassées les normes établies par l'OMS (0spore/ml) (**OMS, 2011**). Tandis qu'au niveau de source 3 une absence totale des spores a été observée dans les deux mois (Février et Mars).

Alors que pour les S2, S4 et S5 des valeurs variables ont été remarquées, ces valeurs varient entre [1\_2 spores/20ml] et qui dépassent légèrement les normes fixées par l'OMS (**OMS, 2011**) (0spore/ml). D'après les résultats obtenus nous observons qu'il y a une contamination ancienne surtout au niveau de la source S1(Ain Kton) et S6 (Ain Remal).



Figure 44 : Résultat obtenue par la recherche des ASR.

## 2.4. Résultats des germes pathogènes

### 2.4.1. Résultat des salmonelles

Les résultats de l'ensemencement de la bactérie salmonella sur le milieu de culture Hektoen sont représentés dans le graph suivant et les résultats des différents tests effectués sur les salmonelles sont représentés dans le (tab.05):

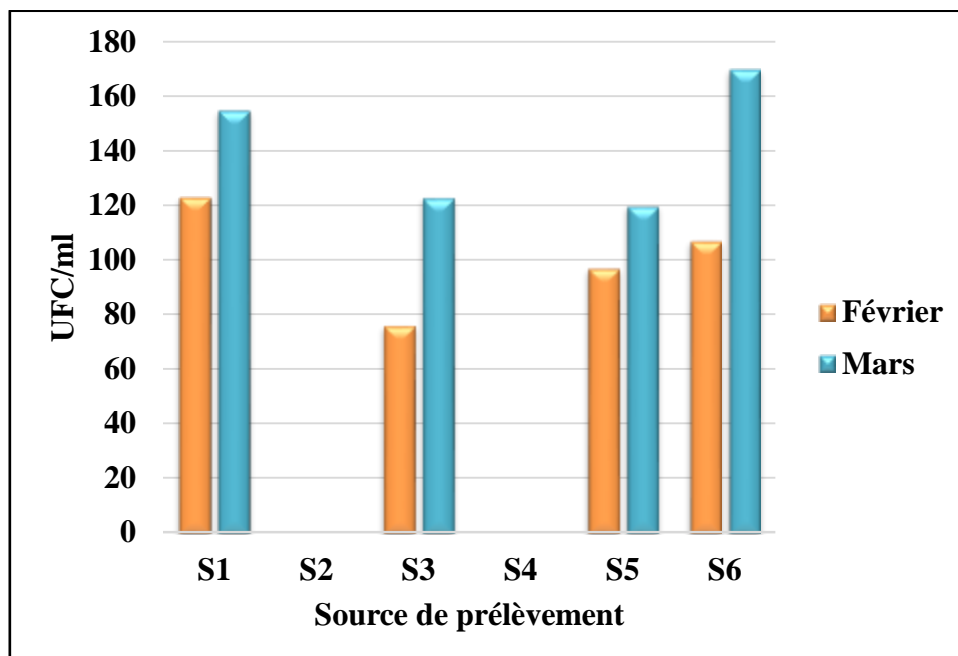


Figure 45 : Les valeurs des germes salmonella de six sources d'eau (Février et Mars, 2022).

Les résultats portés sur le graphe montrent que les sources S1, S3, S5 et S6 contiennent des germes salmonella qui sont supérieurs aux normes prescrites l'OMS (0 UFC/ml à 37 °C), les salmonelles sont présentées avec une valeur maximale de 123 UFC/ml au niveau de S1 pour le mois de Février et 170 UFC/ml pour le mois de mars ce qui indique à l'existence d'une contamination de l'eau par la présence des bactéries de salmonella. Par contre on a remarqué l'absence de ce germe au niveau des sources S2 et S4 pour les deux mois. Donc ces derniers sont conformes à la norme algérienne et l'OMS (0UFC/ml à 37 °C) qui excluent sa présence dans l'eau de consommation humaine.

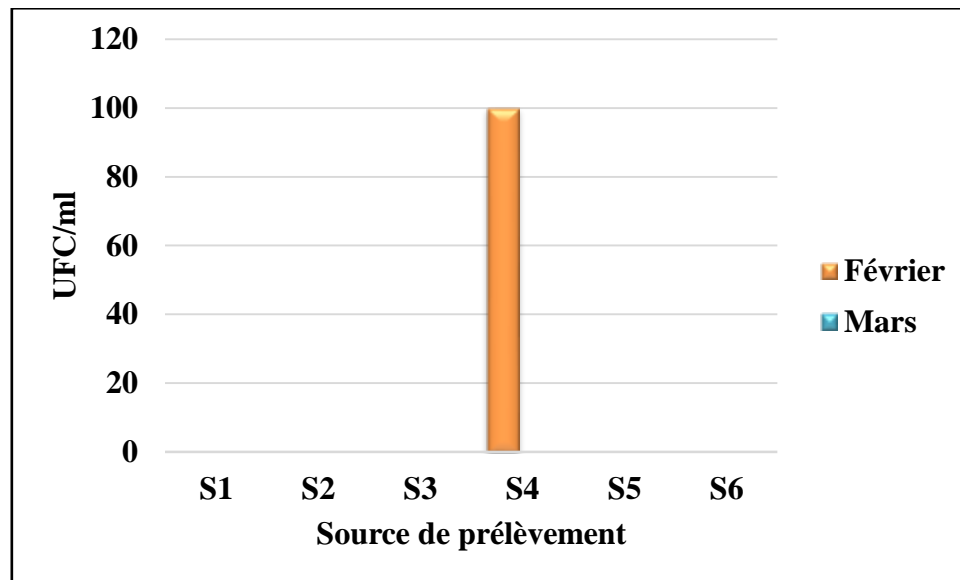
Il ressort à partir des résultats d'analyses que les échantillons d'eau des sources analysés contiennent des salmonelles et que ces bactéries se retrouvent dans toutes les sources étudiées (S1 : Ain kton), (S3 : Ain Sellaoua), (S5 : Ain El Bachra), (S6 : Ain Remale), pendant les deux mois (février et mars), sauf les deux sources S2 et S4. La présence de ce germe pathogène dans ces sources peut être liée à leur localisation et qui peut être due aux déjections humaines et animales infectées. Dans ces conditions, la contamination des eaux de sources par les déjections rejetées est favorisée par le ruissellement et l'infiltration des eaux pluviales (**Haijoubi et al., 2017**). Ces résultats expliquent le fort taux de présence de salmonelles observé pendant le mois de Mars après la présence des précipitations. Alors, la consommation des eaux de source ayant révélé ces germes constitue un facteur de risque sanitaire pour la population.

**Tableau 05:**Résultats de l'identification biochimique des colonies isolées sur gélose Hektoen (salmonelles).

| La bactérie | Le milieu de culture | La colonie                             | Catalase | Oxydase |
|-------------|----------------------|--|----------|---------|
| Salmonelle  | Hektoen              | Petites colonies vertes à centre noir. | +        | -       |

### 2.4.2 Résultat des staphylocoques

Les résultats de l'ensemencement de la bactérie *staphylococcus aureus* sur le milieu de culture Chapman sont représentés dans le graphe suivant et les résultats des différents tests effectués sur les staphylocoques sont représentés dans le (Tab.06) et (Fig.46) :



**Figure 46** : Les valeurs des germes *staphylococcus aureus* de six sources d'eau (Février et Mars, 2022).

Après 24 heures d'incubation à 37°C, et après avoir réalisé les tests sur les staphylocoques nous ont permis d'identifier des staphylococcus pathogènes (*staphylococcus aureus*) on a remarqué que : Dans mois de Février il y a une absence totale des bactéries *staphylococcus aureus* dans tous les sources sauf dans la source 4 (Ain ksar) avec une valeur de 100UFC/ml qu'a dépassé les normes algériennes et les normes l'OMS (0 UFC/ml à 37 °C). Et pour le mois de Mars on a noté aussi une absence complète de bactéries de *staphylococcus aureus* dans toutes les sources. Donc les résultats de cette analyse ont montré l'absence de la bactérie de *staphylococcus aureus* qu'est l'espèce la plus pathogène du genre staphylococcus dans toutes les sources à l'exception d'une seule source S4, ce qui indique que la qualité bactériologique de l'eau de consommation de ces 5 sources sauf la source S4 s'est montrée salubre et propre à la consommation.

Alors que la contamination présente dans la source S4 est peut-être due aux eaux usées qui est la source la plus importante de pollution de l'eau par son écoulement à la surface de la terre sans la soumettre à un traitement qui atteint un degré de sécurité. Alors que le sol

absorbe et filtre bon nombre de contaminants, les particules de plus petites tailles telles que les microorganismes qui peuvent être véhiculés au travers des fissures de la roche ou des sols perméables, pour ensuite atteindre l'aquifère. C'est pourquoi les minces couches de sol et les hautes nappes phréatiques contribuent à la vulnérabilité d'une eau souterraine et la pollution des différentes sources d'eau. C'est pour cela une enquête sanitaire périodique doit être effectuée par évaluation de huit éléments clés (source, traitement, réseau de distribution, réservoir d'entreposage d'eau traitée, pompage, programme de surveillance, gestion et respect des exigences de l'État) et identification des défaillances [27].



**Figure 47 :** Le test catalase positif des *staphylococcus aureus*.



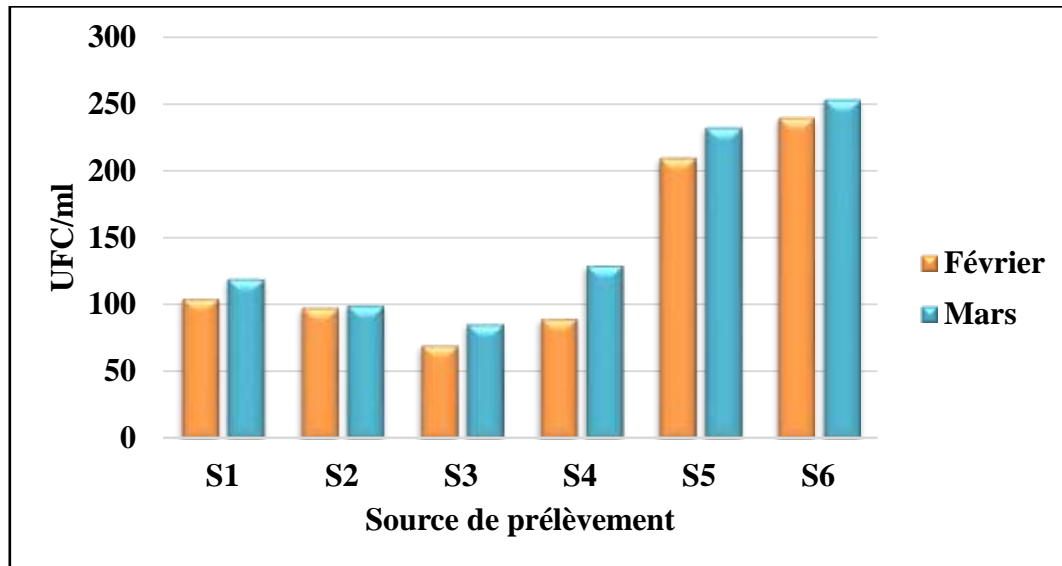
**Figure 48 :** Le test oxydase positif des *Staphylococcus aureus*.

**Tableau 06:** Résultats de l'identification biochimique de *staphylocoques aureus*.

| La bactérie                  | Le milieu de culture | La colonie | Catalase | Oxydase | coagulase |
|------------------------------|----------------------|------------|----------|---------|-----------|
| <i>Staphylococcus aureus</i> | Chapman              | Jaune      | +        | +       | +         |

### 2.4.3. Résultat des *Vibrio cholériques*

Les résultats de l'ensemencement de la bactérie vibron cholérique sur le milieu de culture GNAB sont représentés dans la (Fig.49) et les résultats de l'identification biochimique des Vibrio cholérique a été présentée dans le (Tab.07) :



**Figure 49** : Les valeurs des germes Vibrio cholérique de six sources d'eau (Février et Mars, 2022).

D'après les résultats présentés dans l'histogramme qui représente les valeurs des germes vibrio cholérique de six sources d'eau pendant le mois de Février et Mars, on a remarqué la présence de cette bactérie dans toutes les sources pendant les deux mois d'échantillonnage. Où toutes les valeurs sont supérieures aux normes prescrites par la réglementation algérienne [0 germe/ml] et l'OMS (0 UFC/ml à 37 °C), avec une valeur maximale de 254UFC/ml qui a été enregistrée dans la source S6 (Ain Remale) dans pour le mois de Mars et de 240 UFC/ml pour le mois de Février, tandis que la valeur minimale a été enregistrée dans la Source S3 (Ain Sellaoua) dans les deux mois, 86 UFC/ml pour le mois de Mars et 70 UFC/ml pour le mois de Février. Concernant les autres sources les valeurs sont variables mais toujours avec présence de ce germe, cette variation peut être liée aux conditions climatiques de chaque région autant qu'il est noté l'influence des facteurs climatiques tels que les précipitations et la température sur la charge des vibrions cholériques (Cholclim, 2006). Donc on peut déduire la contamination de ces six sources ce qui peut engendrer des risques sur la santé des consommateurs. Ou leurs contaminations pourraient être expliquées une pollution fécale d'origine animale, ou des déchets humains. Ce type des bactéries pathogènes sont généralement transmises par les matières fécales des personnes infectées, où le patient excrète des bactéries dans ses matières fécales, et donc l'infection peut

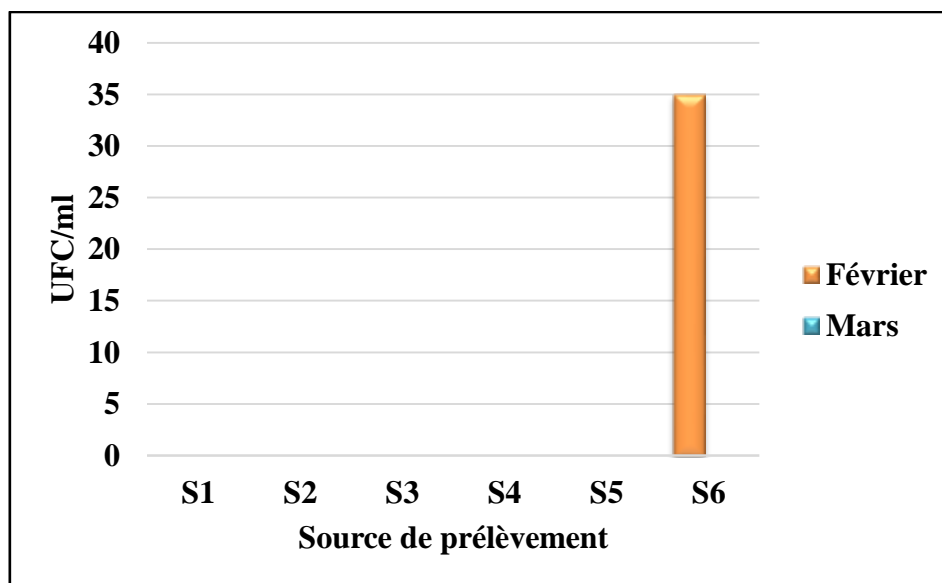
se propager rapidement, en particulier dans les zones où les déchets humains ne sont pas traités. Donc la présence de vibrios est liée d'une part aux conditions d'hygiène, de l'assainissement dans les zones d'étude et d'autre part à la proximité des sources d'eau par rapport aux sources de contamination.

**Tableau 07** : Résultats de l'identification biochimique des Vibrios cholériques

| La bactérie       | Le milieu de culture | La couleur | Catalase | Oxydase |
|-------------------|----------------------|------------|----------|---------|
| Vibrio cholérique | GNAB                 | Incolore   | +        | +       |

#### 2.4.4 Résultat des Shigelles

Les résultats de l'ensemencement de la bactérie shigella sur le milieu de culture Hektoen sont représentés dans le graphique suivant (**Fig. 50**) et les résultats de l'identification biochimique des shigelles ont été présentés dans le (**Tab. 07**) :



**Figure 50** : Les valeurs des shigelles dénombrées dans les six sources d'eau (Février et Mars, 2022).

D'après les résultats de dénombrement des shigelles, on a remarqué l'absence des shigelles dans le mois de Février dans toutes les sources d'eau analysées sauf la source S6 où on a enregistré une valeur de 35 UFC/ml, cette valeur est supérieure aux normes algériennes



et de normes de l'OMS [0 UFC / ml]. Par contre pour le mois de Mars on a enregistré une absence complète de la bactérie *Shigella* dans toutes les sources. Donc ces derniers sont conformes à la norme algérienne et l'OMS (0 UFC/ml à 37 °C) qui excluent sa présence dans l'eau de consommation humaines. Tandis que, la présence de ce germe qui a notée au niveau de la source (S6 : Ain Remale) indique une contamination de cette source d'eau, sa contamination pourrait être expliquée comme presque la plupart des autres germes par une contamination fécale liée aux conditions d'hygiène précaire, autant que les shigelles peuvent être trouvés dans le sol ou sur les surfaces qui ont été contaminés par les fèces des personnes contaminées [28].

**Tableau 08:** Résultats de l'identification biochimique des shigelles

| La bactérie     | Le milieu de culture | La colonie | Catalase | Oxydase |
|-----------------|----------------------|------------|----------|---------|
| <i>Shigella</i> | Hektoen              | Verte      | +        | -       |

#### 2.4.5 Résultat des pseudomonas

Concernant la recherche des pseudomonas et d'après les résultats obtenus après l'ensemencement sur milieu sur le milieu Cétrimide et aussi sur les milieux King A et King B, on remarque une absence totale de ce type de bactérie dans les eaux analysées. On constate que la qualité microbiologique de ces eaux analysées est satisfaisante conformément aux normes algériennes et l'OMS.

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

□ Pour les germes totaux à 37°C, les 6 échantillons de l'eau sont de qualité insatisfaisante pour le mois de Février. Seulement l'échantillon S4 est de mauvaise qualité pour le mois de Mars.

□ Pour les germes totaux à 22°C, les 5 échantillons de l'eau sont de qualité satisfaisante pour les deux mois. Seulement l'échantillon S6 est de qualité insatisfaisante.

Pour les coliformes totaux, pour le mois de Février, seulement les sources 1, 5, et 6 sont de mauvaise qualité. Alors que pour le mois de Mars toutes les sources ont des résultats compatibles avec les normes.

□ Pour les coliformes fécaux, les résultats de toutes les sources d'eau ne sont pas compatibles avec les critères pour le mois de Février et même chose pour le mois de Mars sauf les sources S3 et S4 ou les résultats sont satisfaisantes.

- Pour les streptocoques fécaux, les résultats de toutes les sources d'eau ne sont pas compatibles avec les critères pour les deux mois, seulement pour le mois de Mars la source 5 a des résultats compatibles aux normes.
- Pour les bactéries anaérobies sulfito-réductrices, les résultats sont variables, pour le mois de Février, S1, S2, S4, S6 caractérisée par une qualité mauvaise et pour le mois de Mars seulement S1, S5 sont contaminé, le reste sont compatibles avec les critères.
- Pour les salmonelles, et selon les normes qui précise l'absence des salmonelles on peut dire que notre résultat ne répond pas aux critères pour la plupart des sources d'eau et seulement la source S2 et S4 sont de qualité satisfaisante.
- Pour les staphylococcus aureus, seulement une source est contaminée pendant l'échantillonnage de mois de Février.
- Pour les vibrio cholérique, toutes les sources étaient contaminées pendant les deux mois d'échantillonnage.
- Pour les shigelles, les 05 échantillons sont de qualité satisfaisante, seulement la 6eme source pendant le mois de Février est contaminé.
- Pour les Pseudomonas, les 06 sources sont de qualité satisfaisante.



**Conclusion**

### Conclusion

L'eau est indispensable à la vie, sans elle il n'y aurait aucune vie possible sur terre. Elle rentre dans la composition de tous ; à commencer par l'unité fondamentale de l'être vivant, tous les êtres vivants ont besoin d'eau pour exister, donc sa consommation est une journalière, ce qui implique une haute surveillance et un contrôle de cette ressource.

La pollution de l'eau est toute modification chimique, physique ou biologique de la qualité de l'eau qui a un effet nocif pour les êtres vivants. La question de la qualité de l'eau au sein des programmes humanitaires se pose essentiellement en termes de consommation humaine. Le problème majeur de l'eau destinée à l'alimentation humaine a été longtemps d'ordre sanitaire. Ce problème découle de l'existence de microorganismes transmissibles de nombreuses infections dangereuses chez l'homme.

Notre travail avait pour objectif d'effectuer des analyses bactériologiques des eaux de six sources : Ain kton (S1) Ain Besbassa (S2), Ain Sellaoua (S3), Ain ksar (S4), Ain Lebachra (S5) et Ain Remale (S6) situées dans la région de Guelma (Nord-est de l'Algérie).

Du point de vue bactériologique, les résultats obtenus montrent que la plupart des sources d'eau analysées ont des valeurs qui ne sont pas conformes aux normes exigées par l'organisation mondiale de la santé et le de la réglementation algérienne des germes totaux à 37°C, au contraire des germes totaux à 22°C qui sont présentes par des valeurs compatibles avec les normes et même chose pour le coliformes totaux. D'autre part nos résultats montrent la présence des germes de contamination fécale tels que les Coliformes fécaux, les Streptocoques fécaux dans la plupart des sources d'eau étudiées et pendant les deux mois d'échantillonnage.

Ces résultats observés au niveau des sources S3, S4, S5 et S6, indiquent l'existence d'une contamination de l'eau par la présence des bactéries d'origine intestinale (humaine ou animal), et autre par des bactéries d'origine résiduaire (environnementale) au niveau de la source S6. De plus la présence des ASR surtout au niveau les deux sources S1 et S6 avec des fortes charge traduit qu'il y a une contamination ancienne.

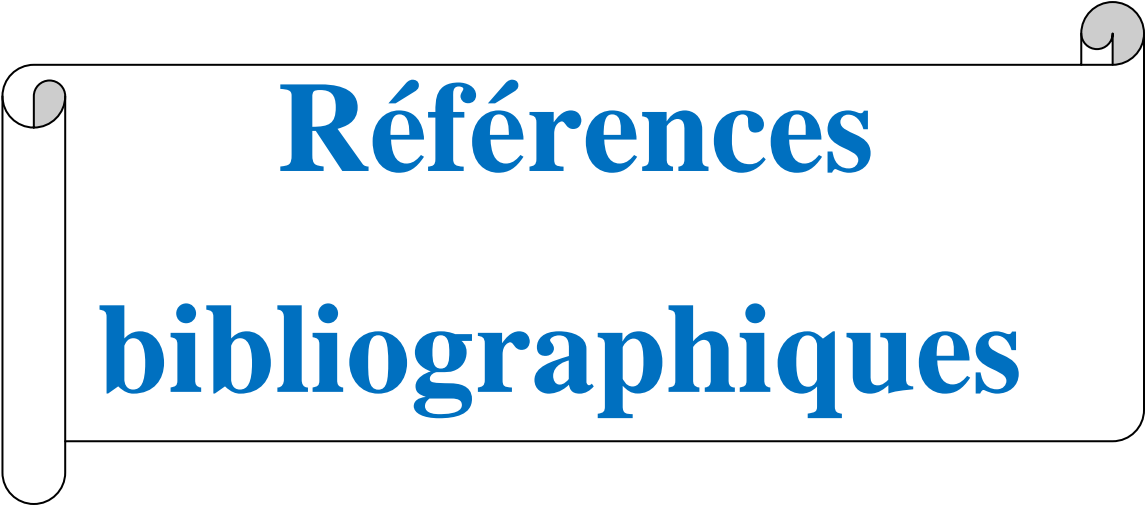
D'autre part, les résultats des germes pathogènes montrent une absence totale de *Pseudomonas*, et une absence de *staphylococcus aureuss* au niveau de la source S4. Egalement une absence des shigelles sauf chez la source S6. Et pour les *Vibrio cholerae* sont présentent au niveau de toutes sources étudiées. Ainsi que le dénombrement des salmonelles

montrent une absence totale au niveau de deux sources S2 et S4, tandis que se trouvent au niveau des restes des sources d'eau (S1, S3, S5 et S6). Donc ces résultats indiquent que tous les six sources d'eau analysées contiennent au minimum un des germes pathogènes ou indicateurs de contamination fécale avec des valeurs qui sont supérieures aux normes prescrites par les réglementations et qui sont de mauvaise qualité bactériologique (avec une différence dans l'intensité de la pollution d'une source à l'autre). Cela revient à la pollution qui touche les eaux souterraines et qui porte des risques sanitaire et mêmes des maladies pour les personnes utilisant et consommant ces eaux.

Pour conclure ce travail, il convient de rappeler que l'objectif principal de ce travail est de déterminer la pollution bactérienne des eaux de source et d'identifier les bactéries pathogènes dans l'eau potable. La qualité actuelle de l'eau au niveau des zones étudiée, doit être assurée en toutes circonstances et faire l'objet d'une surveillance très stricte, au risque de générer des faits préjudiciables à la santé publique ;

Pour améliorer la qualité des eaux des sources, nous recommandons ces quelques règles d'hygiène:

- Les analyses doivent s'effectuer de manière régulière
- Augmenter le sens de conscience publique vis-à-vis la protection des ressources hydriques ;
- Appliquer les consignes de l'OMS qui préconise que pour chaque source, il faut avoir un périmètre de protection d'au moins 150m, et s'assurer de bien les respecter par le contrôle continu des autorités en charge ;
- S'assurer de bien séparer les systèmes d'évacuation des eaux usées ;
- Contrôler l'utilisation des pesticides et des fertilisants dans les terres agricoles afin d'éviter le risque de migration de ces substances aux eaux souterraines.



**Références**  
**bibliographiques**

### Références bibliographiques

**Abdraman et al, (2014)** : situation actuelle de la pollution azotée des eaux souterraines dans le périmètre irrigué Guelma-boumahra Mémoire de Master, Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie Filière, Biologie Spécialité/Option : Qualité des produits et Sécurité Alimentaire, université le 08 mai 1945 Guelma, 1p.

**Alia S. Atammia W. et Derdech S. (2018)** : Évaluation de la qualité bactériologique et physicochimique des eaux de sources d'Ain Djemel et d'Ain Souda (Wilaya Guelma). Mémoire de Master. Université 8 mai 1945 - Guelma. 37-50 p.

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

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

**Amira W., (2008)** : Degré de contamination de l'eau de la mare Redjla (Taher) par les nitrates : Détermination de la qualité physicochimique et microbiologique de l'eau. Mémoire de magister. Université de Jijel. 103 p.

**Anglaret E. (2002)** : Maladies infectieuses, Edition, Med-Lin, 40-43 p.

**Aouissi. A., (2010)** : Microbiologie et physico-chimie de l'eau des puits et des sources de la région de Guelma (Nord-Est de l'Algérie). Mémoire de Magister en Hydroécologie. Université de Guelma. 120 p.

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

**Beliefert C. et Perraud R. (2001)** : chimie de l'environnement, 477 p.

**Benchabane R. et Merzoug N. (2015)** : Contribution à l'étude de la qualité bactériologique et phytoplanctonique de l'eau du marais de Bousedra el Bouni (Annaba). Mémoire de Master. Université du 08 Mai 1945-Guelma. 71 p.

## Références bibliographiques

**Berche P. Gaillard J.L. et Simouet M. (1988) :** Bactériologie, Les Bactéries Des Infections Humaines. Flammarion Médecine Sciences. 660p.actériologie médicale et vétérinaire. Systématique bactérienne. Doin, France. 371p.

**Bliefert et perraud. (2009) :** chimie de l'environnement, air, sol et déchets, 2 ème édition française, 273 -285 p.

**Boeglin J.C. (2006) :** Contrôle des eaux douces et de consommation humaine. Dans : Techniques de l'ingénieur W1 : Technologie des eaux. Techniques de l'ingénieur. Chap 4. 210-124 p.

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

**Boucherit A. et Hakimi H. (2016) :** Contribution à l'étude de la qualité physico chimique et bactériologique de l'eau du Barrage Hammam Debeh-Guelma. Mémoire de Master. Université du 08 Mai 1945-Guelma. 67 p.

**Boudra M, (2011) :** Renouveau du centre originel de la ville de Guelma par la démarche du projet urbain. Mémoire de magistère, université Mentouri, Constantine.222p.

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

**Bouras Z. et Sekfali S. (2013) :** Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux superficielles « cas d'Oued Zénati » (Nord - Est Algérien). Mémoire de Master. Université 8 Mai 1945 de Guelma. 9-10-20 p.

**Bougeois C.M, et Leveau. J.Y., (1980) :** Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires. APRIA.331 p.

**Bouteldja M. et Hadidi I. et Melek I. (2016) :** Etude de la qualité bactériologique de l'eau du barrage de Zit-Emba et microflore de « Barbus callensis ». Mémoire de Master. Université 8 mai 1945 - Guelma. 26-60 p.

**Bouziati M. (2000) :** L'eau de la pénurie aux maladies, Edition ibn khaldoun, 247 p.

**Carbonnelle D, et Kouyoumdjian S., (1998) :** Bactériologie médicale techniques usuelles. Méd. Mal. Inf 251 p.



## Références bibliographiques

**Chalgou T. et Naili A. (2017)** : Etude physico-chimique et microbiologique de la floculationcoagulation et de l'adoucissement de l'eau du puits de forage d'Ibourassen (CEVITAL). Mémoire de Master, Université de Bejaia. 2-3-4 p.

**Champsaur H. (2007)** : Analyse microbiologique des eaux. Dans : L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, 8ème édition. Rodier. J et coll. Dunod. Chap. E, p.743-862.

**Chapman D, (1996)** : Water Quality Assessments. A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring. Chapman & Hall, London.

**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 Makhoulf (Wilaya de Guelma). Mémoire de Magister. Université de 08 Mai 1945-Guelma. 104 p.

**Cholclim(2006)** : Quantification des risques d'émergence d'épidémies à choléra dans le bassin méditerranéen en relation avec le changement climatique, Rapport final, 79 p

**Craag, (2004)** : prospection géophysique -étude gravimétrique : Guelaat Bousbaa (Guelma) .64 p.

**Dajoz-R. (2000). Précis d'écologie** : Cours Et Exercices Résolus.7ème édition. Paris : Dunod

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

**Debbieche T-H., (2002)** : Evolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle, application à la basse plaine de la Seybouse Nord-est Algérien thèse de doctorat, Université de Constantine. 235p.

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

**Degremont G. (2005)** : Mémento technique de l'eau, Tome 1, 10ème édition, Edit. Tec et doc, 3 -38 p.

**Degremont. (1989)** : Mémento technique de l'eau, Tome 1 & 2, Collection Dégrement, ISBN 2-9503984-0-5, 1459 p.

**Degremont. (2005)** : « Mémento technique de l'eau », Deuxième édition Tom1.

## Références bibliographiques

**Delarras C., (2014) :** Pratique en microbiologie de laboratoire Recherche de bactéries et de levures-moisissures. Tec & Doc/Lavoisier. 800 p.

**Delarras, C. 2003 :** Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux. Édition Lavoisier, pp. 269.

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

**Fouzari A, (2009) :** Contribution à l'étude de la macro invertébrée d'Oued Seybouse Diptera, Coleoptera et Gasteropoda. Mémoire de Master université de 08 Mai 1945-Guelma 9 p.

**Grosconde G. (1999) :** Un point sur l'eau (l'eau milieu naturel et maîtrise), Tome 1ème Edition., Inra, Paris, 17-18 p.

**Hadji F. et Boucceredj I. (2020) :** Analyse physico-chimique et microbiologique de l'eau. Mémoire de master. Université de 08 Mai 1945-Guelma. 12 p.

**Haijoubie H., Benyahya F., Bendahou A., Essadqui F. Z., El Behhari M., El Mamoune A. F., Ghailani N. N., Mechita M. B., Barakat A., (2017) :** Etude de la qualité bactériologique de l'eau utilisée dans l'industrie agroalimentaire dans le Nord du Maroc. The Pan. African. Medical Journal (26) : 13.

**Hamed M. Guettache A. Bouamer L., (2012) :** Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage Djorf-Torba (Bechar). Mémoire d'Ingénieur d'état en Biologie. Université de Bechar. 134p.

**J.O.R.A, (2017) :** Journal officiel de la république algérienne : Arrêté du 26 Rabie Ethani 1438 correspondant au 25 janvier 2017 portant désignation des membres du conseil.

**JORA. (1998) :** Journal Officiel de la République Algérienne. Critères microbiologiques Relatifs à certaines denrées alimentaires.

**Joffin J J-N et Leyrol G. (2001). Microbiologie Technique 1 :** dictionnaire des techniques.

**Julien M. (2007) :** Un point sur l'eau (l'eau milieu naturel et maîtrise), Tome 1ème Edition., Inra, Paris, 17-18 p.

**Khemis M. (2013) :** Etude de la Qualité de quelques Eaux de sources de la région de Guelma. Mémoire de master Guelma. 20-35 p.

**Khemis M. (2013)** : Etude de la Qualité de quelques Eaux de sources de la région de Guelma. 4 P.

**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. 33p.

**Laidani Y., Henini G., Khatmi B., et Dellal A. (2009)** : Evaluation de la pollution des eaux du sous bassin versant de L'Oued Mina. 2ème colloque international de chimie -CIC2-Batna, du 1 au 3 décembre 2009.

**Larpent J-P., (1997)** : Microbiologie alimentaire : Techniques de laboratoire. Tec & Doc, Lavoisier. 1073 p.

**Lassoued K. Et Touhami N. (2008)** : Contribution à l'étude de la qualité microbiologique de l'eau du barrage de hammam debagh. Mémoire D'ingéniera. Univ. Guelma. 1 p.

**Lebres E. et Mouffouk F. (2008)** : Les cours Nationaux d'hygiènes et de microbiologie des eaux de boisson. Manuel des travaux pratiques des eaux. Institut Pasteur d'Algérie. Algérie.53-60p.

**Mayat S. (1994)** : Techniques de traitement aliments et eaux. 1ère édition, Edisem, 195p.

**Meddour-R. (2010)** : Bioclimatologie, phytogéographie et phytosociologie en Algérie. Thèse doctorat, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou.

**Merzoug, D et al., (2010)** : Faune aquatique et qualité de l'eau des puits et sources de la région d'Oum-El-Bouaghi (Nord-Est algérien), Hydroécol Applied, p77-97.

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

**Monode T. (1989)** : Méharées géographie. Loisir. France, 233 p.

**Mostarih R. (2006)** : Elaboration de phases hydroxydes doubles lamellaires intercalant des anions sulfate : Etude de leur évolution structurale thermique et hygrométrique. Thèse de Doctorat, Université de Blaise Pascal, France. 168p.

**Nechakh F. et Reffad S. et Tlidjane A., (2015)** : Caractérisation physico-chimiques et bactériologiques de quelques sources principales d'approvisionnement en eau potable dans la région de Dahouara (Hammam N'Bail). Mémoire de Master. Université 8 mai 1945 - Guelma. 41-57 p.

**Nedjraoui D et Bedrani S., (2008) :** La désertification dans les steppes algériennes : causes, impacts et actions de lutte. Vertigo - La revue électronique en sciences de l'environnement, Volume 8, Numéro 1, <http://vertigo.revues.org/5375>.

**Nouaouria Z., (2018) :** Le stress hydrique en Algérie : cas de la wilaya de Guelma. Mémoire de master, Université 08 mai 1945 Guelma. 5p.

**Nsikak Benson. (2008) :** Encyclopedia of Global Warming and Climate Change. Ed. S. Philander. Vol 3. Thousand Oaks. CA : Sage Publications Inc .3 :813-817 p.

**OMS. (1994) :** Directives de qualité pour les eaux de boisson ; Volume 1 Recommandation. Organisation mondiale de la santé 2e édition.

**OMS. (2011) :** Organisation mondial de santé : directive de qualité de l'eau de minérale et l'eau de source Quatrième édition, vol I. recommandation Genève. 541 p.

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

**Raymond (1977) :** Le traitement des eaux. 2ème édition. Dunod, France. 387p

**Rejesk F. (2002) :** Analyse Des Eaux ; Aspects Réglementaires Et Techniques. Sceren.Paris. 360p.

**Rodier J. (2009) :** L'analyse de l'eau. 9ème édition. Dunod. Paris. 1579 p.

**Roux M. (1987) :** Office International De L'eau : L'analyse Biologique De L'eau. TEC&DOC. Paris. 229p.

**Schrivier-Mazzuoli L. (2012) :** La gestion durable de l'eau, Edition DUNOD. Paris. 258 p.

**Souadkia B, et Zaimen. F., (2015) :** Contribution à l'étude de quelques paramètres physico-chimiques et microbiologiques des eaux du lac oubeira. Mémoire de master. Université 8 mai 1945 Guelma. Faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et de l'univers.

**Valverde A. (2008) :** Comprendre le cycle de l'eau, bulletin de l'OMM, Vol 57 N°3, 55 p.

**Villagines R. (2000) :** Eau. Environnement et santé publique : Introduction à l'hydrologie. 2ème édition. 218 p.

**Villagines R. (2003) :** Eau, environnement et santé publique. Introduction à l'hydrologie. 2ème Édition : Tee et Doc. Lavoisier. 3 p.

## Références bibliographiques

**Waris Kéwouyèmi Chouti (2007) :** Evaluation de la qualité des eaux des puits couverts munis de pompe dans la commune de Porto-Novo Université d'Abomey-Calavi (Institut de Mathématiques et de Sciences Physiques).

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

### Les sites web :

[1]. <http://www.eau-artois-picardie.fr/education-leau-dossiers-thematiques/le-grand-cycle-de-leau>. (Consulté le 27/03/2022).

[2]. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/ea/Cycle\\_de\\_1%27eau.png/440px-Cycle\\_de\\_1%27eau.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/ea/Cycle_de_1%27eau.png/440px-Cycle_de_1%27eau.png) (Consulté le 28/03/2022).

[3]. « Qualité des eaux superficielles » [archive], sur [www.limousin.developpement-durable.gouv.fr](http://www.limousin.developpement-durable.gouv.fr), (Consulté le 26/03/2022).

[4]. <https://www.medisite.fr/maladies-staphylocoque-dore-aureus-blanc-quels-sont-les-symptomes-et-traitements.5553926.42.html> (Consulté le 22/03/2022).

[5]. [https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://sigessn.brgm.fr/spip.php?3Farticle171&ved=2ahUKEwjnodD3yI73AhU-g\\_0HHSYEBWcQFnoECAgQBQ&usq=AOvVaw3KqWqWu0Cs6PSMfth\\_8wtt](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://sigessn.brgm.fr/spip.php?3Farticle171&ved=2ahUKEwjnodD3yI73AhU-g_0HHSYEBWcQFnoECAgQBQ&usq=AOvVaw3KqWqWu0Cs6PSMfth_8wtt) (Consulté le 29/03/2022).

[6]. <https://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/usages/eauOrga.html> (Consulté le 26/03/2022).

[07]. <https://fr.oceancampus.eu/cours/7Mc/la-pollution-de-leau> (Consulté le 19/03/2022).

[8]. <https://www.nutrition-tours.fr/nutriblog/articles/hydratation-nutrition-role-de-l-eau-et-maintien-de-l-equilibre-hydrique> (Consulté le 23/03/2022).

[9]. [Http://www.lyc-ferry-conflans.ac-versailles.fr/Disciplines/SVT/MISVT/2nde3-09-10/Th6-DD/Site-Laura-Chahrazed/2definition-pollution.html](http://www.lyc-ferry-conflans.ac-versailles.fr/Disciplines/SVT/MISVT/2nde3-09-10/Th6-DD/Site-Laura-Chahrazed/2definition-pollution.html) (Consulté le 08/03/2022).

[10]. <https://fr.oceancampus.eu/cours/7Mc/la-pollution-de-leau> (Consulté le 03/09/2022).

[11]. <Http://www.angrybirds.com/redirect.php?device=pc&product=angrybirds&variant=free&type=originalfullpc> n'est pas accessible (Consulté le 11/03/2022).

## Références bibliographiques

- [12]. <https://sites.google.com/site/pollusiondelenvironnement/definition-de-la-pollution>. (Consulté le 09/04/2020).
- [13]. <https://www.passeportsante.net/fr/Maux/Problemes/Fiche.aspx?doc=enterovirus-Symptômes-diagnostic-traitements> (Consulté le 20/04/2022).
- [14]. [http://www.bacteriainphotos.com/vibrio\\_cholerae\\_under\\_microscope.html](http://www.bacteriainphotos.com/vibrio_cholerae_under_microscope.html) (Consulté le 24/04/2022).
- [15]. [https://www.google.com/search?q=cracteristiques+de+salmonella+&ei=nQaSYvqFKvzk7\\_UPvcGvuAE&ved=0ahUKEwi6yM7rioL4AhV88rsIHb3gCxcQ4dUDCA4&uact=5&oq=cracteristiques+de+salmonella](https://www.google.com/search?q=cracteristiques+de+salmonella+&ei=nQaSYvqFKvzk7_UPvcGvuAE&ved=0ahUKEwi6yM7rioL4AhV88rsIHb3gCxcQ4dUDCA4&uact=5&oq=cracteristiques+de+salmonella) (Consulté le 31/05/2022).
- [16]. <http://aemip.fr/wp-content/uploads/2017/06/Fiche-2017-Shigella-spp.pdf> (Consulté le 15/05/2022).
- [17]. <https://sante.journaldesfemmes.fr/fiches-maladies/2690735-shigellose-symptomes-transmission-diagnostic-traitement-examen-shigella/>(Consulté le 24/05/2022).
- [18]. <https://www.istockphoto.com/photos/e-coli-microscope> (Consulté le 31/05/2022).
- [19]. [http://www.sololiya.fr/.../3\\_les\\_différents\\_types\\_de\\_maladies\\_liees\\_a\\_l\\_eau](http://www.sololiya.fr/.../3_les_différents_types_de_maladies_liees_a_l_eau) (Consulté le 28/05/2022).
- [20]. <http://www.angrybirds.com/redirect.php?device=pc&product=angrybirds&variant=free&type=originalfullpc> n'est pas accessible (Consulté le 15/02/2022).
- [21]. <http://www.angrybirds.com/redirect.php?device=pc&product=angrybirds&variant=free&type=originalfullpc> n'est pas accessible (Consulté le 24/03/2022).
- [22]. <https://www.medisite.fr/maladies-staphylocoque-dore-aureus-blanc-quels-sont-les-symptomes-et-traitements.5553926.42.html> (Consulté le 17/04/2022).
- [23]. <https://publications.msss.gouv.qc.ca/msss/fichiers/guide-garderie/chap6-infections-cutanees.pdf> (Consulté le 02/04/2022).
- [24]. <https://pixnio.com/fr/science-fr/microscopie-images/staphylococcus-aureus-fr/eleve-grossissement-10000x-souche-staphylococcus-aureus-les-bacteries> (Consulté le 31/05/2022).
- [25]. Andi Guelma, 2013. [En ligne]. [Consulté le 15/02/2022]. Disponible sur : <http://www.andi.dz/PDF/monographies/Guelma.pdf>

## Références bibliographiques

[26]. [https://www.google.com/search?q=les+communes+de+la+wilaya+de+guelma&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiA\\_bzlnpf4AhWITeUKHV2WCC4Q\\_AUoAXoECAIQAw&biw=1366&bih=625&dpr=1#imgrc=KaliYK0JJZuCUM](https://www.google.com/search?q=les+communes+de+la+wilaya+de+guelma&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiA_bzlnpf4AhWITeUKHV2WCC4Q_AUoAXoECAIQAw&biw=1366&bih=625&dpr=1#imgrc=KaliYK0JJZuCUM) (Consulté le 5/06/2022).

[27]. <https://www.safewater.org/frenchfactsheets/2017/2/10/shigella#:~:text=Comment%20est%2Dce%20que%20Shigelles,les%20fec%C3%A8s%20des%20personnes%20contamin%C3%A9es.> (Consulté le 10/06/2022)

[28]. <https://www.inspq.qc.ca/bise/microbiologie-des-eaux-souterraines-utilisees-comme-source-d-eau-potable>. (Consulté le 12/06/2022)

### Résumé

La région de Guelma est caractérisée par la présence de plusieurs sources naturelles, ce qui donne à la population de la wilaya la possibilité de s'alimenter avec une eau meilleure. C'est pour cela son utilisation à des fins alimentaires nécessite une excellente qualité bactériologique.

Le présent travail a pour objectif d'évaluer la qualité bactériologique de l'eau de quelques sources d'eau dans la région de Guelma : Ain kton (S1) Ain Besbassa (S2), Ain Sellaoua (S3), Ain ksar (S4), Ain Lebachra (S5) et Ain Remale (S6). Deux échantillonnages sont effectués pendant deux mois (Février et Mars 2022) dans le but d'apprécier sa potabilité selon les normes la de réglementation Algérienne et celle de l'OMS.

Au niveau du laboratoire de microbiologie, Université de 08 Mai 1945 Guelma. Des analyses ont été effectuées sur ces échantillons en recherchant éventuellement les : Germes totaux, Germes indicateurs de la contamination fécale (Coliformes totaux, Coliformes fécaux et Streptocoques fécaux) et les anaérobies sulfito-réductrices, ainsi que les germes pathogènes tels que; Salmonelles, Shigelles, *Vibrion cholerae*, *Staphylococcus aureus* et Pseudomonas.

Les résultats obtenus montrent que la plupart des sources d'eau analysées ont des valeurs qui ne sont pas conformes aux normes (avec une différence dans l'intensité de la pollution d'une source à l'autre), où les sources d'Ain Besbassa, Ain Sellaoua et Ain Kton sont moins contaminées et de qualité bactériologique moyenne, Alors que les sources (Ain Ksar, Ain Lebachra et Ain Remale) sont contaminées et de mauvaise qualité bactériologique, elles renferment des indices de contamination fécale supérieurs aux normes indiquées. Ces sources eaux sont alors impropres à la consommation humaine et constituent un danger non négligeable pour la santé humaine. C'est pour cela qu'il serait souhaitable d'élargir l'étude sur ces sources d'eau.

**Mots clés :** Analyses, qualité bactériologique, Guelma, eau de sources, pollution.



## الملخص

تتميز منطقة قالمة بوجود العديد من الينابيع الطبيعية و التي تعطي لسكان الولاية فرصة لشرب مياه ذات نوعية أفضل.

الغرض من هذا العمل هو تقييم نوعية البكتيريا للمياه من بعض مصادر هذه المياه بولاية قالمة. تم إجراء عينتين خلال الشهرين (فيفري ومارس 2022) لأجل تحديد قابليتها للشرب وفقا لمعايير منظمة الصحة العالمية و المعايير الجزائرية.

على مستوى مخابر الأحياء الدقيقة؛ بجامعة قالمة. تم إجراء تحاليل على هذه العينات للبحث عن مجموع الجراثيم؛ ومؤشرات الجراثيم الكلية، القولونيات الكلية، القولونيات البرازية، العقديات البرازية، مخفضات الكبريت اللاهوائية بالإضافة إلى الجراثيم المسببة للأمراض: السالمونيلا، الشيغيلا، ضمات الكوليرا، المكورات العنقودية والزائفة.

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن معظم هذه المنابع ذات قيم لا تتوافق مع المعايير(مع اختلاف في درجة التلوث من مصدر لآخر)؛ حيث أن عين بسباسة، عين سلاوة و عين القطن اقل تلوثا و ذات نوعية بكتريولوجية متوسطة، في حين أن منابع عين القصر، لباشرة وعين رمل ملوثة و ذات جودة بكتريولوجية رديئة. لهذ تعتبر غير صالحة للاستهلاك الأدمي، فهي تحتوي على مؤشرات تلوث برازي أعلى بكثير من المعايير المشار إليها. تحتوي على مؤشرات تلوث برازي أعلى من المعايير الموصى بها.

إن مياه هذه المنابع غير صالحة للاستهلاك البشري و تشكل خطرا كبيرا على صحة الإنسان. و لهذا من المستحسن توسيع الدراسة على مصادر هذه المياه.

**الكلمات المفتاحية :** تحاليل، الجودة البكتريولوجية، قالمة، مياه الينابيع، تلوث.

### Abstrat

The region of Guelma is characterized by the presence of several natural springs, which gives the population of the Wilaya the opportunity to feed themselves with better water. That's why its use for food purposes requires excellent bacteriological quality.

The purpose of this present work is to assess the bacteriological quality of water from some of these water sources in the Guelma region: Ain kton (S1) Ain Besbassa (S2), Ain Sellaoua (S3), Ain ksar (S4), Ain Lebachra (S5) et Ain Remale (S6). Two samplings were carried out during the two months (February and March 2022) in order to analyze them and to appreciate its drinkability based according to the standards of the WHO and to the standards of Algerian regulations.

At the microbiology laboratory level, University of 08 May 1945 Guelma. The analysis were carried out on these samples, possibly looking for total germs, indicator germs of faecal contamination (total coliforms, faecal coliforms and faecal streptococci) and sulphite-reducing anaerobes. As well as pathogenic germs such as; *Salmonella*, *Shigella*, *vibrion cholerae*, *staphylococcus et pseudomenas*.

The results obtained show that most of the water sources analyzed have values that do not comply with the standards (with a difference in the intensity of pollution from one source to another). Where the sources of Ain Besbassa, Ain Sellaoua and Ain Kton are less contaminated and of average bacteriological quality. While the sources Ain Ksar, Ain Lebachra and Ain Remal are contaminated and of poor bacteriological quality. They contain indices of faecal contamination above the indicated standards. These latter waters are then unfit for human consumption and constitute a significant danger to human health. This is why it would be desirable to expand the study on these water sources.

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



# Annexes

**Annexes 01 :**

**Tableau 07 :** Les normes bactériologiques des eaux de source selon l'OMS (2011) et la réglementation algérienne (J.O.R.A, 2017).

| Paramètres           | Unités      | Norme Algérienne (2017) | Norme de l'OMS (2011) |
|----------------------|-------------|-------------------------|-----------------------|
| Germes totaux à 37°C | UFC/ml      | /                       | 20                    |
| Germes totaux à 22°C | UFC/ml      | /                       | 100                   |
| Coliformes totaux    | CT/100ml    | 0                       | 10                    |
| Coliformes fécaux    | CF/100ml    | 0                       | 0                     |
| Streptocoques fécaux | SF/100ml    | /                       | 0                     |
| ASR                  | Spores/20ml | 0                       | 0                     |

**Annexe 02 : Les milieux solides et liquides utilisés**

• **Bouillon lactosé au pourpre de Bromocrésol (BCPL) : pH = 6.7**

Peptone 5g

Extrait de viande 3g

Lactose 10g

Cristal violet 0.005g

Pourpre de Bromocrésol 0.025g

Eau distillée 1000ml

• **Gélose Hektoen : pH = 7.5**

Protéose peptone 12g

Extrait de levure 3g

Chlorure de sodium 5g

Thiosulfate de sodium 5g

Sels biliaries 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

• **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

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

Peptone trypsique 30g

NaCl 30g

Eau distillée 1000ml

- **Gélose Tryptone Extrait de levure (TGEA) :pH=7.Extrait de levure**

|                   |                    |    |
|-------------------|--------------------|----|
| 1g                | Peptone de caséine | 5g |
| Glucose           | 1g                 |    |
| Extrait de viande | 3g                 |    |
| Agar              | 18g                |    |
| Eau distillée     | 1000 ml            |    |

Autoclavage pendant 20 min à 120 °C.

- **Gélose nutritive alcaline biliée (GNAB) :Bactapepton 10g**

|                    |     |
|--------------------|-----|
| Extrait de viande  | 3g  |
| Chlorure de sodium | 5g  |
| Agar               | 20g |

- **Milieu « SHUBERT » (milieu indole mannitol)Tryptone0,2gSulfate**

d'ammonium0,4gCitrate de sodium2gTryptoneoxide10gMannitol75gEau distillé500g

- **Milieu «EVA-LITSKY » : ph : 7Peptone20g/l.**

|                                |                            |
|--------------------------------|----------------------------|
| Glucose5g/l.Chlorure de sodium | 5g/lPhosphate bi potassium |
| 2,7g/lPhosphate mono potassium | 2,7g/l                     |
| Azothydvate de sodium          | 2,7g/l                     |
| Ethyle violet                  | 5g/l                       |

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

|  |     |
|--|-----|
| Peptone pancréatique de caséine                                      | 5g  |
| Lactose  | 4g  |
| Monohydrogénophosphate de sodium (Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> ) | 10g |
| Sélénite acide de sodium   | 4g  |

## Annexes

Eau distillée 1000ml

Chauffer le tube pendant 30 min.

### **Annexe 03: Composition des Réactifs.**

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

Diméthyle-Amino-4 benzaldéhyde 50g

Pentanol 750g

Acide chlorhydrique pur 250g

#### **• Sulfite de sodium :**

Sulfite de sodium pur 1g

Eau distillée 9ml

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

#### **• Alun de fer**

Sulfate de fer 1g

Eau distillée stérile 19ml

Prépare aseptiquement sans autoclave.



## Annexe 03 : Table de NPP

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