

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



## Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

**Domaine:** Sciences de la Nature et de la Vie  
**Filière:** Sciences alimentaires  
**Spécialité:** Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire  
**Département:** Biologie

---

### Thème

**Évaluation de la qualité bactériologique et physicochimique des eaux de sources d'Ain Djemel et d'Ain Souda (Wilaya Guelma)**

---

**Présenté par :**

Alia Soumia

Athamnia Wahida

Derdech Soumia

**Devant le Jury composée de :**

<b>Président:</b>	Mr. ROUIBI Abdelhakim	M.C.B	Université de Guelma
<b>Examineur:</b>	Mr. ROUABHIA Kamel	M.A.A	Université de Guelma
<b>Encadreur :</b>	Mr. MERZOUG Abdelghani	M.C.B	Université de Guelma

**Juin 2018**

## **REMERCIEMENTS**

*Avant tout, nous remercions Allah tout puissant qu'il nous a guidé tout au long de nous vie, qu'il nous a donné courage et patience pour passer tous les moments difficiles, qu'il nous a permis d'achever ce travail et de pouvoir le mettre entre vos mains aujourd'hui.*

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

*Tout d'abord, nous tenons à remercier le président de jury **Dr. ROUIBI Abdelhakim** Maitre de conférences au Département d'écologie et génie de l'environnement qui a accepté la présidence de ce jury.*

*A **Mr. ROUABHIA Kamel**, Maitre assistant au Département de Biologie, qui nous a fait le plaisir de juger ce modeste travail et qui a proposé initialement la problématique de cette étude et a mis à notre disposition tous les moyens et les ressources nécessaires à sa réalisation. Veuillez trouver ici l'expression de nos profondes reconnaissances.*

*Nous tenons à remercier respectueusement et chaleureusement notre encadreur **Dr. MERZOUG Abdelghani**, qui nous a donné confiance en nous et nous a fait honneur en acceptant de diriger ce travail. Veuillez trouver ici l'expression de nos profondes reconnaissances.*

*Nous remercions par ailleurs vivement les membres du jury de nous avoir fait l'honneur de juger notre travail et d'assister à la soutenance.*

*Nous remercions à tous les enseignants de la Faculté des Sciences de la nature et de la vie et Sciences de l'Univers et de la Terre.*

*Nous remercions les membres des laboratoires de la Faculté SNV-STU de l'Université 8 mai 1945, Guelma, merci pour votre disponibilité et vos encouragements.*

*Bien sûr, nous remercions **Mr Messaoudia Hamza** Pour ses collaborations et ses aides ainsi les bonnes informations.*

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



## Dédicaces

*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 La personne la plus chère à mon cœur : Maman qui m'a supportée vaillamment pas à pas tout au long de ma vie ..., Les mots ne suffisent pas pour exprimer toute l'affection que j'éprouve pour toi ; je te dois ma réussite, mon éducation, ma fierté. Tu m'as aimé très profondément et tu as été toujours une mère idéale. Tu es la seule qui comprend ma vie : Je te demande pardon et encore une fois Merci.*

*A mon cher père sur mon cœur.*

*A mes frères **Ishak, Bellal**, pour l'amour, l'attention et l'aide qu'ils m'ont apportés.*

*A mes très chères sœurs **Amel et Sara**.*

*Spéciale dédicace à mon directeur de travail **M Bouchareb abdlazziz** (Mekassa-skikda).*

*Mes remerciements au Professeur **Gueroui** et madame **Souiki**.*

*A mes chères copines : **Boumediene Wafa, Errouali Lamia, Oumedour Dounya Zad***

*A mes amis et à toutes les personnes qui j'aime...*

***Soumia Alia***



# *Dédicace*

*Je dédie ce travail*

❖ *A Mon père Ahcene Tu as travaillé sans réserve pour le bonheur collectif dans la dignité. Ton humour, ta tolérance, ton autorité de père ont fait de nous ce que nous sommes aujourd'hui, tu es le meilleur père, nous sommes fier de toi.*

❖ *A ma mère Noura Votre tolérance, votre sens du respect et du pardon font de vous des personnalités exceptionnelles. Votre affection et votre amour de mères, ne nous ont jamais fait défaut.*

❖ *A mes frères et soeurs: Nesrine, Ahmed, Mohamed, Hiba, Merci pour votre soutien moral.*

❖ *Et mes amies : Hadjer, Nedjet, Wahida, Sara, Ahelem.....*

*SOUMLIA DERDECH*

# Dédicace

*Au tout puissant Allâh*

*A toi la louange, Ô la lumière des cieux ; de la terre et de ce qu'ils renferment. Gloire à toi de nous avoir assisté de ta lumière et en toute circonstance matin et soir.*

*Je tiens à dédier ce modeste travail à :*

*A mes parents*

*Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut...*

*Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour Le respect, la reconnaissance...*

*Aussi, c'est tout simplement que Je souhaite que Dieu vous préserve une longue vie.*

*A l'homme de ma vie*

*mon fiancé « Messaoudia Hemza » qui a su me reconforter, me redonner du courage et m'épauler lors des moments difficiles.*

*A mes soeurs*

*Radia ,Fella ,Badra,Houda, Zakia ,Soraya ,Loubna, Djazira, Bochra,Assia*

*je souhaite un avenir plein de joie et de bonheur*

*A tous mes oncle et toutes mes tantes et à toute ma grande famille.*

*A mes ami*

*qui m'encourager notamment : Imen, Amina, Samira, CHahrazed, Asma ,Soumia, , merci pour les bons moments qui ont contribué à rendre ces années inoubliables. Bonne chance à tous.*

*A mon encadreur*

*qui mon soutenu au long de mes travaux (je vous remercié).*

*Wafida*

# Sommaire

<b>Remerciements</b>	
<b>Liste des abréviations</b>	
<b>Liste des figures</b>	
<b>Liste des tableaux</b>	

<b>Introduction</b>	<b>1</b>
---------------------	----------

<b>Chapitre I : Généralité</b>	<b>3</b>
--------------------------------	----------

1.	L'eau.....	3
2.	Cycle de l'eau.....	3
3.	Principales sources d'approvisionnement en eau potable.....	4
3.1.	Eaux de pluie.....	4
3.2.	Eaux de surface.....	4
3.3.	Eaux souterraines.....	4
3.3.1.	Nappes d'eau.....	4
3.3.2.	Les sources d'eau.....	5
4.	Composition de l'eau.....	5
5.	Importance et besoin de l'eau.....	6
6.	Teneur en eau des différentes parties du corps humain.....	7
7.	Fonctions de l'eau dans l'organisme.....	7

<b>Chapitre II : Pollution de l'eau</b>	<b>9</b>
---	----------

1.	Sources de pollution.....	9
1.1.	Source domestique.....	9
1.2.	Source agricole.....	9
1.3.	Source industrielle.....	10
2.	Types de polluants.....	10
2.1.	Polluants physiques.....	10
2.2.	Polluants chimique.....	10
2.3.	Polluants biologiques.....	10
3.	Les maladies à transmission hydrique (MTH).....	11
3.1.	Fièvres typhoïdes et paratyphoïdes.....	12
3.2.	Choléra.....	13
3.3.	Gastroentérites et diarrhées.....	14
3.4.	Infection cutanée.....	16

<b>Chapitre III : Description du site d'étude</b>	<b>18</b>
---	-----------

1.	Présentation de la willaya de Guelma.....	18
2.	Géomorphologie.....	18

2.1.	Le relief.....	18
3.	Présentation de la commune d'Dahouara et d'Ain Sandal.....	19
3.1.	Commune de Dahouara.....	19
3.2.	Commune Ain Sandal.....	20
4.	Etude climatique de la région de Guelma.....	21
4.1.	Pluviométrie.....	21
4.2.	Températures.....	21
4.3.	Humidité.....	22
5.	Synthèse Climatique.....	22
5.1.	Indice d'aridité De Martonne.....	22
5.2.	Diagramme Ombrothermique de Gaussen.....	23
5.3.	Climagramme d'Emberger.....	24

## **Chapitre IV : Matériel et Méthodes** 25

1.	Prélèvement et échantillonnage.....	25
2.	Choix des points de prélèvement.....	25
2.1.	Source d'Ain Souda.....	25
2.2.	Source d'Ain Djemel.....	26
3.	Transport et conservation des échantillons.....	26
4.	Méthodes d'analyses.....	27
4.1.	Analyse organoleptique.....	27
4.2.	Analyse physico-chimique.....	27
4.2.1.	Température.....	28
4.2.2.	pH.....	28
4.2.3.	Conductivité.....	29
4.2.4.	Oxygène dissous.....	29
4.2.5.	Salinité.....	29
4.3.	Analyse bactériologique.....	30
4.3.1.	Recherche et dénombrement des germes totaux (microorganismes revivifiables).....	30
4.3.2.	Recherche et dénombrement des coliformes en milieux liquides (Méthode de NPP)	32
4.3.3.	Recherche des streptocoques fécaux en milieu liquide.....	35
4.3.4.	Recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-réducteurs (ASR).....	40
4.3.5.	Origine de la contamination fécale.....	43
4.3.6.	Recherche des germes pathogènes.....	43
4.3.7.	Examen microscopique.....	51

## **Chapitre V : Résultats et discussion** 55

1.	Paramètres organoleptiques.....	55
2.	Résultats des analyses physico-chimiques "in situ".....	55
2.1.	Température (°C).....	55
2.2.	Potentiel d'Hydrogène (pH).....	56
2.3.	Conductivité électrique (CE).....	57
2.4.	Oxygène dissous (O <sub>2</sub> ).....	58
2.5.	Salinité.....	59
3.	Résultats de l'analyse bactériologique.....	59
3.1.	Germes totaux.....	59
3.2.	Coliformes totaux.....	61

3.3.	Coliformes fécaux.....	62
3.4.	Streptocoques fécaux.....	64
3.5.	Résultat de l'origine de la contamination fécale.....	64
3.6.	Spores anaérobies sulfito-réducteurs (ASR).....	64
4.	Caractères morphologiques et coloration de Gram.....	65
5.	Résultat de la recherche des germes pathogènes.....	67
5.1.	Résultats d'identification de <i>Staphylococcus</i> .....	67
5.2.	Identification des entérobactéries par la galerie API 20E.....	68

<b>Conclusion</b>	<b>69</b>
-------------------	-----------

## **Références bibliographiques**

### **Résumés**

### **Annexes**



**Liste des abréviations**

<b>AD :</b>	Ain Djemel
<b>AFNOR :</b>	Agence Française de Normalisation
<b>ARA :</b>	Arabinose
<b>AS :</b>	Ain Souda
<b>ASR :</b>	Anaérobies sulfito-réducteurs
<b>A<sub>w</sub> :</b>	Activité de l'eau
<b>BCPL :</b>	Bouillon lactosé au poupre de bromocrésol
<b>C° :</b>	Degré celsius
<b>CE :</b>	Conductivité électrique
<b>CF :</b>	Coliforme Fécaux
<b>D/C :</b>	Double concentration
<b><i>E. coli</i> :</b>	<i>Escherichia coli</i>
<b>EPA :</b>	Eau peptonée alcaline
<b>ETP :</b>	Evapotranspiration potentielle
<b>Fig :</b>	Figure
<b>H :</b>	Humidité
<b>H<sub>2</sub>O :</b>	Eau
<b>H<sup>+</sup> :</b>	Protons
<b>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> :</b>	Peroxyde d'hydrogène
<b>GNAB :</b>	Gélose nutritive alcaline biliée
<b>MAN :</b>	Mannitol
<b>MTH :</b>	Maladies à transmission hydrique
<b>NPP :</b>	Nombre le plus probable
<b>O<sub>2</sub> :</b>	Oxygène dissous
<b>OMS :</b>	Organisation mondiale de santé
<b>ONPG :</b>	Ortho-nitro-phényle-B-D- Galactopyranoside
<b>pH :</b>	Potentiel hydrogène
<b>S/C :</b>	Simple concentration
<b>SF :</b>	Streptocoque fécaux
<b>SFB:</b>	sélénite de sodium
<b>SE :</b>	Entérotoxines staphylococciques

<b>SS :</b>	Milieu <i>Salmonella –Shigella</i>
<b>V :</b>	Volume
<b>VF :</b>	Viande fois
<b>VP :</b>	Voges-Proskauer
<b>T :</b>	Température
<b>Tab :</b>	Tableau
<b>TDA :</b>	Tryptophane désaminase
<b>TGEA :</b>	Glucose tryptonée à l'extrait d'agar
<b>UFC :</b>	Unité formant colonies
<b>μS :</b>	Micro siemens
<b>μS/cm :</b>	Microsiemens par centimètre

**Liste des figures**

N°	Titre	Pages
01	Cycle de l'eau	03
02	<i>Salmonella enterica</i> observée au microscope électronique à balayage	12
03	<i>Vibrion cholerae</i> observée au microscope électronique	13
04	<i>Escherichia coli</i> observée au microscope électronique à balayage	15
05	<i>Staphylococcus aureus</i> observée au microscope électronique à balayage	16
06	Carte géographique de la zone d'étude	18
07	Géomorphologie de la région de Guelma	19
08	Position géographique des communes Ain Sandal et Dahouara (Wilaya de Guelma).	20
09	Dessin à main levé de la commune de Dahouara et la position de la source de Besbassa (Wilaya de Guelma).	20
10	Dessin à main levé de la commune d'Ain Sandal et la position de la source d'Ain Souda.	21
11	Diagramme Ombrothermique de Gaussen pour la région d'étude.	23
12	Situation de Guelma dans le Climagramme d'Emberger	24
13	Photos de la source d'Ain souda.	26
14	Photos de la source d'Ain Djemel	26
15	Multi-paramètre (WTW Multi 1970i)	28
16	Recherche et dénombrement des germes totaux dans l'eau.	33
17	Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux dans l'eau	37
18	Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux dans l'eau	39
19	Recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies Sulfito-réducteurs (ASR)	42
20	Recherche et identification des <i>salmonelles</i>	44
21	Recherche et identification des <i>vibrions cholérique</i>	46
22	Recherche et identification des <i>Staphylocoques</i> .	48
23	Technique de catalase	50
24	Technique d'oxydase	50
25	Photos d'une galerie API 20E	54
26	Variations de la température des eaux des deux sources.	56
27	Variations du pH des eaux des deux sources	57
28	Variation de la conductivité des eaux des deux sources	58
29	Variation de l'oxygène des eaux des deux sources	59
30	Variations des nombres des germes totaux des eaux des deux sources.	60
31	Résultat de la recherche des germes totaux dans les deux sources	60
32	Variations des nombres des coliformes totaux des eaux des deux sources.	61
33	Photos des tubes positifs par les coliformes totaux dans les deux sources.	62
34	Variations des nombres des coliformes fécaux des eaux des deux sources	63

## *Liste des figures*

---

<b>35</b>	Photos des tubes positifs des coliformes fécaux présentent dans les deux sources.	<b>63</b>
<b>36</b>	Photo du tube négatif des streptocoques fécaux.	<b>64</b>
<b>37</b>	Variations du nombre des spores des ASR.	<b>65</b>
<b>38</b>	Photos de la présence des ASR dans le milieu viande foie	<b>65</b>
<b>39</b>	Milieus utilisés pour la recherche des germes pathogènes.	<b>66</b>
<b>40</b>	Résultat de la recherche des <i>Staphylococcus aureus</i> .	<b>67</b>
<b>41</b>	Résultat de la coloration de gram des <i>Staphylococcus</i> .	<b>67</b>
<b>42</b>	Résultat de la catalase positif des <i>Staphylococcus</i> .	<b>68</b>

**Liste des tableaux**

<b>N°</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>01</b>	Besoins quotidiens en eau recommandés	<b>07</b>
<b>02</b>	La Teneur en eau des différentes parties du corps	<b>07</b>
<b>03</b>	Principaux agents bactériens pathogènes présents dans les fèces et les maladies transmises	<b>11</b>
<b>04</b>	Caractéristiques de survie et de croissance des <i>Vibrio cholerae</i>	<b>14</b>
<b>05</b>	Caractéristiques de survie et de croissance d' <i>Escherichia coli</i>	<b>16</b>
<b>06</b>	Caractéristiques de survie et de croissance de <i>S. aureus</i>	<b>17</b>
<b>07</b>	Valeurs moyennes mensuelles de la température, précipitation et Humidité de l'air, enregistrées à Guelma en 2002 jusqu'à 2015	<b>22</b>
<b>08</b>	Période de prélèvement	<b>25</b>
<b>09</b>	Origine de pollution fécale selon le rapport CF/SF	<b>43</b>
<b>10</b>	Caractères macroscopiques et microscopiques des colonies bactériennes isolées des eaux des deux sources (Ain Djemel et Ain Souda)	<b>66</b>
<b>11</b>	Résultats de l'identification biochimique et morphologique des <i>Staphylococcus</i>	<b>67</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**).

L'eau indispensable à la survie de l'espèce vivante terrestre, représente donc moins d'un pour cent de l'eau douce soit environ 0,014% de l'eau totale. C'est pourquoi il est impératif que ce bien de l'humanité soit protégé et utilisé avec le plus grand respect dans le sens de développement durable, défini comme le développement qui couvre les besoins de la société actuelle sans détruire pour autant les possibilités des générations futures de découvrir leur propre besoin (**Sari, 2014**).

La terre est souvent appelée « la planète bleu » parce que l'eau recouvre la majorité de la surface de la terre (environ 71% de la surface). Le volume d'eau sur terre est estimé à environ 1,4 milliard de km<sup>3</sup>. L'eau salée des mers et des océans constitue 97% des ressources en eau sur terre. Des 3% d'eau douce restante, 2,6% sont sous forme de glaciers des régions polaires, d'iceberg, de vapeurs d'eau atmosphérique, et d'eau souterraine inaccessible, à la population mondiale laissant ainsi seulement 0,4% comme eau douce, accessible à la population mondiale (**Nebel et Wright, 1996**).

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 (**Bouleknafet et Derradji, 2017**).

L'altération de l'environnement naturel, notamment le milieu aquifère est devenu progressivement une préoccupation mondiale. En Algérie, la principale source de satisfaction de la demande en eau est l'eau souterraine, du fait de son exploitation relativement facile. La croissance démographique et la modernisation de l'agriculture entraînent un problème énorme de détérioration de la qualité de cette source souterraine, souvent existante en quantité limitée.

Le mécanisme de cette pollution des eaux souterraines est souvent un processus évolutif dans l'espace et dans le temps et il est difficilement maîtrisable (**Abdelbaki et Boukli, 2007**).

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**).

Vue cette importance majeure, nous avons essayé d'étudier et d'évaluer la qualité bactériologique et physico-chimique de l'eau de deux sources dans la région de Guelma (Ain souda et Ain djemel) et ceci dans le but de préserver la santé publique.

Nous avons structurés notre démarche en quatre chapitres interdépendants :

- Le premier et le second sont purement théoriques rassemblent d'une part des généralités sur l'eau, les sources de pollution et décrivant les maladies à transmission ;
- Le troisième chapitre expose la région d'étude et mis le point sur des paramètres climatologiques (température, précipitation et humidité) et géomorphologiques ;
- Le quatrième chapitre est consacré aux méthodes et aux techniques employées pour la réalisation de ce travail : Les analyses bactériologiques (recherche et dénombrement de microorganismes) et physico-chimiques de l'eau des deux sources (Ain Souda et Ain Djemel) de notre wilaya ;
- Le dernier chapitre, illustre tous les résultats obtenus avec leurs discussions;
- Et enfin une conclusion générale clôture ce travail.



# Chapitre I

## I. Généralité

### 1. L'eau

L'eau est un élément essentiel du corps humain. L'organisme humain ne possède pas de réserve d'eau. L'homme peut rester jusqu'à 40 jours sans manger mais sans eau à peine une semaine car à partir du 4<sup>ème</sup> jour il est en danger [1].

De valeur nutritive à peu près nulle, elle est cependant le constituant principal de tout être vivant. Son point de congélation est de 0°C et son point d'ébullition est de 100°C à la pression atmosphérique normal (Mercier, 2000).

L'eau se trouve presque partout sur la terre et elle est vitale pour tous les organismes vivants connus. Près de 70% de la surface de la terre est recouverte d'eau, essentiellement sous forme d'océans. Une étendue d'eau peut être un océan, une mer, un lac, un étang, une rivière, un ruisseau ou un canal. La circulation de l'eau au sein des différents compartiments terrestres est décrite par son cycle biogéochimique, le cycle de l'eau (Bertrand., 2008).

### 2. 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. L'eau fait partie d'un cycle naturel en perpétuel mouvement entre la terre et l'atmosphère (Fig. 01)

L'eau s'évapore constamment au-dessus des océans, des lacs et des forêts, elle est condensée sous forme de nuages et ensuite transportée dans le ciel par les vents. Dans le ciel, les nuages se condensent sous forme de vapeur d'eau autour des particules de poussières, puis tombent en précipitations sous forme de pluie ou de neige, sous l'action de phénomènes météorologiques complexes où interviennent surtout les vents et les différences de températures.

L'eau qui ruisselle pénètre dans le sol où elle s'infiltré et va remplir 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 (Bouziani, 2000).

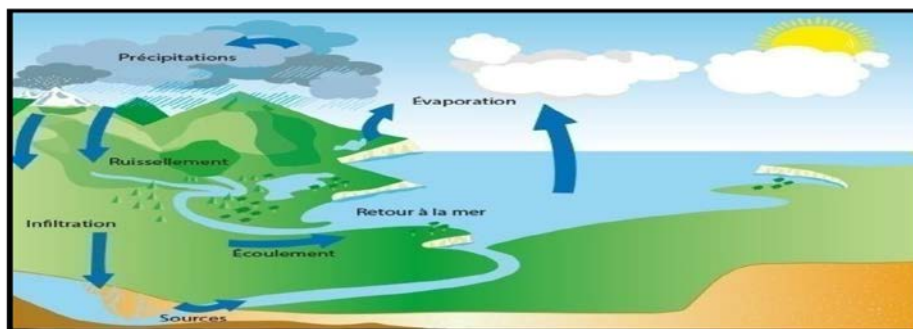


Figure 01: Cycle de l'eau (CIE, 2013).

### **3. Principales sources d'approvisionnement en eau potable**

#### **3.1. Eaux de pluie**

L'eau de pluie ou eau météorite est l'eau provenant des précipitations atmosphériques et qui ne s'est pas encore chargée de substances solubles provenant de la terre. Une eau de pluie est dénommée eau pluviale après avoir touché le sol, et qu'elle ruisselle sur les surfaces la réceptionnant. [2]

A l'origine ces eaux sont pures sur le plan microbiologique, mais sur le plan chimique, il leur manque souvent certains éléments indispensables à la santé comme le sodium, magnésium, manganèse, fer, iode (**Sari, 2014**).

#### **3.2. Eaux de surface**

Composées d'eaux de mer, de fleuve, de rivière, de marigot, ces eaux couvrent la terre. La Terre « planète bleue » en raison de la présence d'eau, 97,5% de celle-ci consiste toutefois en eau salée dont l'essentiel est dans les océans et 2,5% seulement en eau douce (**Sari, 2014**).

#### **3.3. Eaux souterraines**

Formées par les eaux d'infiltrations, les eaux souterraines sont exemptes de pollution. Cependant elles peuvent, d'une part être contaminées par la technique de puisage, la proximité des latrines ou d'autres sources de pollution, le manque de protection, d'autre part, elles peuvent être chargées par les éléments (NaCl : eaux soumatres ; Ca<sup>++</sup> : eau dure ; Fe<sup>++</sup> : eau ferrugineuse) (**Coulibaly, 2005**).

##### **3.3.1. Les nappes d'eau**

Une nappe d'eau est constituée par l'ensemble de l'eau qui occupe les interstices de roches poreuses dans un domaine défini par son épaisseur et son étendue (**Charles et**

**Maurice, 1997**). Les différents types de nappes sont présentés comme suite :

❖ **Nappe phréatique** : Sont celles qui reposent sur la première couche imperméable non loin du niveau du sol. Elles sont toujours libres et souvent contaminés (**Boumediou et Fekih, 2014**).

❖ **Nappe profonde** : Reposent sur couche imperméable, plus profonde, elles peuvent être libre ou captive (**Boumediou et Fekih, 2014**).

❖ **Nappe libre** : C'est une nappe qui peut se développer librement vers le haut puisque le terrain perméable, siège d'une nappe aquifère, n'est pas couvert par une couche imperméable (**Bonnin, 1982**). Elle est alors alimentée directement par l'infiltration des eaux de ruissellement. Les eaux de cette nappe ne sont pas maintenues sous pression par un toit moins perméable que la formation qui la contient (**Arjen, 2010**).

❖ **Nappe captive** : Lorsque la couche perméable est emprisonnée entre deux couches imperméables, la nappe ne peut se développer vers le haut et est alors appelée nappe captive (**Bonnin, 1982**).

### 3.3.2. Les sources d'eau

Les principaux types de sources sont les suivants :

❖ **Sources d'affleurement** : Lorsque la couche imperméable inférieure d'une nappe aquifère affleure le sol d'une vallée, l'eau de cette nappe apparaît à la surface sous forme d'un chapelet de sources. Elles apparaissent surtout dans des terrains calcaires ou cristallins, les sources thermo minérales appartiennent à cette catégorie (**Sari, 2014**).

❖ **Sources de déversement** : Ce type de sources se rencontre dans les terrains fissurés en surface, calcaires et surtout granites (le réseau de fissures vient rencontrer la surface du sol, avec une pente qui permet d'y conduire l'eau). Généralement leur débit est faible, pratiquement constant et peuvent facilement tarir. Aussi n'envisagera-t-on leur captage qu'en l'absence d'autres possibilités (**Sari, 2014**).

❖ **Sources d'émergence** : Bien que la couche perméable soit fissurée en direction de sol, on peut avoir un débit alimentant un trou d'eau, souvent envahi de végétation par une ou plusieurs fractures ou l'on peut voir l'eau bouillonner. Le débit localisé de ces sources est souvent important, leur risque de tarissement est inégal (**Sari, 2014**).

## 4. composition de l'eau

Dans son parcours naturel, l'eau se charge de sels minéraux et de micro-organismes présents dans la nature

◆ Le calcium : est indispensable dans la constitution de nos os et nos dents.

- ◆ Le magnésium : combat la fatigue, lutte contre les spasmes digestifs et la constipation.
- ◆ Le sodium : contrôle l'équilibre en eau de nos tissus et aide à transmettre l'influx nerveux.
- ◆ Le potassium : agit positivement sur les contractions musculaires.
- ◆ Le bicarbonate ou hydrogénocarbonate est vital dans le maintien de l'équilibre acido-basique et du pH de nos cellules.
- ◆ Les chlorures : sont présents dans nos liquides intracellulaires.
- ◆ Le sulfate : favorise l'élimination des toxines .c'est aussi un élément essentiel des cartilages, cheveux, vaisseaux sanguins et tissus conjonctifs.
- ◆ Les oligo-éléments, dit également (éléments-traces) parce qu'ils existent en quantité pour infinitésimales, sont :
  - Pour certains reconnus essentiels pour la santé .on peut citer :
  - ◆ Le fluor :l'anticarie par excellence.
  - ◆ Le cuivre : qui intervient dans le fonctionnement de nombreux enzymes ainsi qui la synthèse des protéines.
  - ◆ Le fer : constituant de l'hémoglobine.
  - ◆ L'iode : entre dans la composition d'hormones de la glande thyroïde, et bien d'autres encore [3].

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

L'eau est un élément clef de la vie terrestre. Elle est indispensable au fonctionnement de l'organisme.

L'eau est vitale pour l'être humain et constitue 70% de son poids. Notre organisme en a besoin pour digérer les aliments que nous mangeons. Plus vous consommez de calories et plus vous avez besoin d'eau pour vous aider à les éliminer. Seulement pour bien assimiler les aliments, notre organisme brasse entre 10 et 11 litres d'eau par jour et en moyenne, on en élimine 2.5 litres. Presque tous les aliments qui existent contiennent de l'eau, cela nous donne environ la moitié de ce que nous avons besoin par jour, le reste se trouve dans ce que nous buvons.

L'eau est indispensable à l'organisme. On estime qu'à température modérée, la suppression d'apport hydrique provoque la mort en 2 à 3 jours. Toute perte en eau doit donc être compensée.

On considère néanmoins que les besoins en eau sont de 2,5 litres par jour mais ces besoins peuvent varier en fonction de l'âge (**Tab. 01**), de la température extérieure, de l'activité physique, de l'altitude, etc. (**Sandja, 2012**).

**Tableau 01:** Besoins quotidiens en eau recommandés [4].

Ages	Apports journaliers en eau recommandés
4-8 ans	1,6 l tant pour les filles que pour les garçons
9-18 ans	1,9 l filles • 2 ,1 l garçons
Adolescents >14 ans et Adultes	2 l femmes • 2,5 l hommes

## 6. La teneur en eau des différentes parties du corps humain

Presque chaque partie du corps humain comporte un pourcentage non négligeable d'eau (**Tab. 02**). Ce liquide est néanmoins indispensable pour notre survie, on peut vivre pendant un mois sans nourriture, mais sans eau, on ne tient qu'une semaine.

De nombreuses fonctions vitales, comme le transport des nutriments dans le sang ou la digestion, seraient impossibles sans eau (**Mark, 2009**).

**Tableau 02 :** La Teneur en eau des différentes parties du corps (**Mark, 2009**).

Poumons	Sang	Cerveau	Graisse	Os
90%	82%	75%	25%	22%

## 7. Les fonctions de l'eau dans l'organisme humain

L'eau est un nutriment fondamental pour tous les êtres vivants car elle remplit des fonctions essentielles pour l'organisme. Celles-ci sont extrêmement diverse touchent l'ensemble du corps [4].

Les principales fonctions de l'eau dans l'organisme humain sont les suivantes :

- ❖ **Structure le corps :** L'eau est le premier constituant de notre organisme. Elle est présente dans chacune de nos cellules. Incroyable paradoxe, c'est l'eau qui donne une forme à notre corps.

- ❖ **Solvant universel :** Dans notre corps, toutes les réactions ont lieu dans l'eau .L'eau dissout les nombreuses molécules dont nos cellules ont besoin.

- ❖ **Transporteur :** Elle transporte le nutriment à travers le corps pour nourrir les cellules. Elle récupère les déchets pour qu'ils soient éliminés via les urines et les fèces.

C'est pour cette raison que les urines sont colorées. Vous pouvez faire remarquer aux enfants que lorsque leur urines sont très foncées c'est qu'ils n'ont pas bus assez .C'est un bon moyen de savoir si l'enfant est suffisamment hydraté ou pas assez.

Elle transporte aussi les éléments qui permettent aux cellules de communiquer entre elle, parfois d'un bout à l'autre du corps (hormones, messages nerveux, etc.).Elle permet au corps de se défendre en transportant les globules blancs et les anticorps.

❖ **Participe à la régulation de la température de l'organisme :** En effet, l'homme est un mammifère qui doit maintenir sa température autour de 37C° quelle que soit la température extérieure .Quand il fait chaud, la transpiration est un phénomène très efficace pour baisser la température du corps.

L'eau déposée sur la peau va, en s'évaporant, utiliser la chaleur du corps et lui permettre de se refroidir .C'est raison pour laquelle il faut boire davantage lorsqu'il fait chaud ou lorsque nous pratiquons un sport.

Lorsque l'on est malade et que l'on a de fièvre, le corps utilise plus d'eau pour réguler sa température .Dans ce cas particulier, il est aussi important de consommer plus d'eau [4].

❖ **Maintien l'état de santé :** Une bonne eau est nécessaire à la santé, indispensable à notre organisme. Elle est une composante majeure du sang, elle contribue au maintien de la tension artérielle, au transport des substances nutritives, intervient dans le bon fonctionnement de notre organisme, des hormones, elle assure le maintien de la température corporelle; elle permet la digestion des aliments, l'absorption des substances nutritives et l'élimination des déchets; également alliée d'une bonne hygiène. Donc l'eau est un collaborateur de santé par excellence (**Bouhy et Thierry, 2007**).

# Chapitre II



**II. Pollution de l'eau**

La pollution de l'eau est actuellement placée en tête des problèmes de l'environnement car l'eau est une interface entre l'air et le sol. Une eau est dite polluée lorsque son équilibre est modifié de façon durable par l'apport en quantités très importantes des substances plus ou moins toxiques, d'origines naturelles ou issues d'activités humaines.

L'activité humaine, qu'elle soit industrielle, urbaine ou agricoles, produit une quantité de substance polluantes de toute nature qui sont à l'origine de différents types de pollution qui peuvent être permanentes (rejets domestiques d'une grande ville par exemple), périodique ou encore accidentelles ou aiguës, à la suite du déversement intempestif des produits toxiques d'origine industrielle ou agricole, ou de lessivage des sols urbains lors de fortes pluies (**Rodier, 2005**).

Une pollution peut affecter directement l'homme, dans sa santé ou son environnement proche .Elle peut aussi l'affecter indirectement à travers la chaîne alimentaire ou l'environnement plus lointain (**Mohamed Ben Ali, 2014**).

**1. Sources de pollution****1.1. Source domestique**

Elle provient des habitations, elle est en générale véhiculée par le réseau d'assainissement.

Elle se caractérise par :

- De fortes teneurs en matières organiques ;
- Des sels minéraux, dont l'azote et le phosphore ;
- Des détergents ;
- Des germes fécaux (**Genin et al., 2003**).

**1.2. Source agricole**

Les pratiques agricoles peuvent constituer une source diffuse de la pollution aux conséquences importantes sur la qualité de l'eau.

Les éléments fertilisants (essentiellement l'azote et le phosphore provenant des engrais et de l'élevage), les pesticides, les sels et les agents pathogènes sont les principaux polluants des masses d'eau dont l'agriculture est responsable, sous l'effet du ruissellement et du lessivage des sols, mais aussi les rejets provenant des élevages et des réseaux d'irrigation (OCDE, 2008).

### **1.3. Source industrielle**

La pollution industrielle comprend les matières solides en suspension, les sels dissous, les hydrocarbures, les éléments traces ou micro polluant et les rejets acides ou basiques qui influent sur le pH de l'eau (Tazi, 2007)

## **2. Types de polluants**

### **2.1. Polluants physiques**

La pollution physique est liée aux facteurs influents sur l'état physique de l'eau tels que la température, la présence des particules en suspension et le changement qui affecte l'effet réfractaire de l'eau.

Même les rejets d'eau chaude des centrales nucléaires ou thermique dans le milieu marin constituent aujourd'hui la préoccupation majeure de nombreux pays (Mohamed Ben Ali, 2014).

### **2.2. Polluants chimique**

Les polluants chimiques peuvent également créer de graves risques sanitaires. Certes, les contaminations de ce type sont la plupart du temps liées aux rejets industriels et agricoles. Mais certaines substances toxiques naissent naturellement dans le sous-sol (Mark, 2009).

### **2.3. Polluants biologiques**

La pollution microbiologique est une forme de pollution organique. Les déchets organiques, en particulier les excréments, contiennent des germes pathogènes (virus, bactéries ou parasites) véhiculés par l'eau.

La pollution microbiologique a pour source des eaux usées improprement traitées ou des eaux de ruissellement contaminées se déversant dans les cours d'eau (Ballouki, 2012).

### 3. Les maladies à transmission hydrique (MTH)

Les maladies d'origine hydrique résultent d'une exposition à des microorganismes pathogènes ou à des produits chimiques présents dans l'eau potable ou les eaux utilisées pour les activités récréatives.

L'eau contaminée pénètre le plus souvent dans l'organisme par ingestion; toutefois, les contaminants de l'eau peuvent aussi être inhalés ou adsorbés, 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 (**Payment et Pintar, 2006**).

Certaines d'espèces bactériennes normalement absentes dans l'intestin d'une personne en bonne santé, peuvent être sécrétées de façon intermittente et en quantités variables selon le lieu et l'état de santé de dite population. Ces bactéries pathogènes, ou potentiellement pathogènes, sont responsables de la plupart des maladies infectieuses: choléra, fièvre typhoïde, dysenterie, gastro-entérite, maladies diarrhéiques, etc. (**Tab. 03**). Généralement transmises à l'homme par voie digestive liée à la consommation d'eau ou d'aliments contaminés, les bactéries pathogènes jouent un rôle déterminant dans la pollution biologique de la nappe phréatique à partir d'une latrine.

Les bactéries pathogènes ne sont pas toujours omniprésentes dans les matières fécales contrairement aux bactéries indicatrices de pollution fécale (**Hawa, 2002**)

**Tableau 03:** Principaux agents bactériens pathogènes présents dans les fèces et les maladies transmises (**Hawa, 2002**).

Famille	Genre	Espèce	Maladie
<i>Enterobacteriaceae</i>	<i>Salmonella</i>	<i>typhi</i> <i>paratyphi</i>	Fièvre typhoïde Fièvre paratyphoïde
<i>Vibrionaceae</i>	<i>Vibrion</i>	<i>cholerae</i> Autres <i>vibrions</i>	Choléra Gastro-entérite
<i>Enterobacteriaceae</i>	<i>Escherichia</i>	<i>coli</i> (types pathogènes)	Gastro-entérite, diarrhée
<i>Micrococcaceae</i>	<i>Staphylococcus</i>	<i>aureus</i>	Infection cutanée

### 3.1. Fièvres typhoïdes et paratyphoïdes

Les fièvres typhoïde et paratyphoïde sont des maladies infectieuses potentiellement mortelles en l'absence de traitement. Ces fièvres surviennent le plus souvent dans des zones où l'hygiène est précaire et frappent principalement les pays en voie de développement [5].

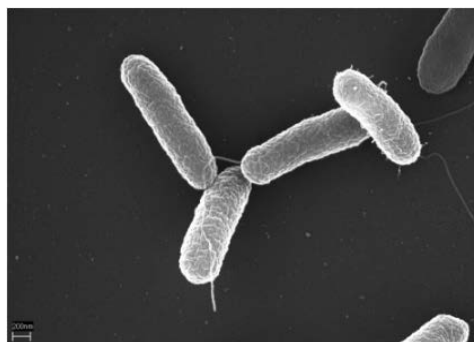
Ce sont de véritables septicémies dues à des salmonelles : *Salmonella typhi* et *S. paratyphi A, B* et *C*. Elles sont caractérisées par de la fièvre, céphalées, diarrhée, douleurs abdominales, accompagnées d'un abattement extrême (le tufhos) et peuvent avoir des complications graves, parfois mortelles : hémorragies intestinales, collapsus cardiovasculaire, atteints hépatiques, respirations, neurologiques.

La contamination se fait par voie digestive à partir d'eaux contaminées par des matières fécales, d'aliments avariés ou encore par des mains sales (**Roland et Vilaginès, 2010**).

Elles sont en général considérées comme pathogènes bien que leur virulence et leur pathogénèse varient énormément : fièvres typhoïdes, salmonelloses systémiques, gastro-entérites, toxi-infections alimentaires.

Les hôtes naturels des *salmonelles* sont la population humaine, les animaux domestiques, les volailles et le bétail ainsi que les animaux sauvages, y compris les oiseaux communs. Humains et animaux peuvent éliminer dans les selles des salmonelles non seulement en cas de maladie mais aussi en tant que porteurs asymptomatiques.

Les *salmonelles* peuvent donc être présentes dans l'eau des égouts agricoles et domestiques, les eaux douces, y compris les eaux potables et les nappes phréatiques, ainsi que l'eau de mer. (**Rodier et al., 2009**).



**Figure 02 :** *Salmonella enterica* observée au microscope électronique à balayage (grossissement x1.000.000) [6].

- ❑ **Source de danger:** Les sérotypes tels que : *Salmonella typhi*, *Salmonella paratyphi A*, *Salmonella paratyphi B*, certaines souche de *Salmonella paratyphi B* sont strictement humains ; d'autres concernent les animaux (bovins, volailles....). (Délarras, 2008).
- ❑ **Voies de transmission:** La typhoïde est généralement transmise par l'eau ou les aliments. Les personnes infectées excrètent des bactéries vivantes dans leurs selles et leur urine. Elles sont généralement contagieuses pendant quelques jours avant que des symptômes se manifestent, aussi ne savent-elles pas qu'elles devraient prendre des précautions particulières. Si elles ne se lavent pas convenablement les mains, le bacille de la typhoïde peut être transmis aux aliments ou à l'eau et de là infecter une autre personne. Il peut aussi être transmis directement de personne à personne par des doigts contaminés [7].

### 3.2. Choléra

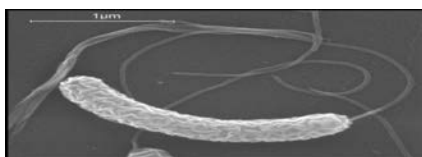
Le choléra est une maladie à incubation courte allant de quelques heures à 5 jours. Il se caractérise par une diarrhée profuse à grains riziformes.

Elle s'accompagne de vomissements et de douleurs épigastriques avec anurie et crampes musculaires.

Son évolution est mortelle en l'absence de réhydratation et antibiothérapie (Vilaginès, 2010).la bactéries responsable à cette maladie sont appelée *Vibrium cholerae*

❖ *Vibrium cholerae* : est une bactérie saprophyte retrouvée dans l'environnement, particulièrement dans les eaux saumâtres des estuaires, les lits des fleuves et au contact du zooplancton (copépodes), des algues marines et des plantes aquatiques dans la plupart des zones côtières des régions tempérées ou tropicales du monde (Grahm et Cifas, 2016).

La *Vibrium* est une bactérie responsable du choléra, produit une toxine qui induit d'importants troubles digestifs et peut conduire à la mort si le malade n'est pas traité (Nebia, 2005).



**Figure 03:** *Vibrium cholerae* observée au microscope électronique [8].

- ❑ **Source de danger :** L'homme joue à la fois le rôle de milieu de culture et de moyen de transport pour le *vibrion cholérique*. Les selles diarrhéiques libérées en grande quantité sont responsables de la propagation des bacilles dans l'environnement et de transmission oro-fécale (**Boris, 2010**).
- ❑ **Voies de transmission** Le choléra résulte de l'absorption, par ingestion, du *vibrion cholérique* présent dans l'eau ou les aliments, mais peut également être le résultat d'une contamination de personne à personne à partir de produits pathologiques (selles, vomissements, sueur). (**Fournier, 1996a**).
- ❑ **Principales caractéristiques :** fins bacilles Gram négatifs, Mobile grâce à une ciliature polaire, Oxydase (+), Aérobie-anaérobie facultatif, Fermentation du glucose, réduit les nitrates en nitrites.

**Tableau 04:** Caractéristiques de survie et de croissance des *Vibrion cholerae* (**Cohen et Karib, 2007**).

Paramètres	Croissance	
	Optimum	Extrêmes
Température (°C)	37	10 – 43
pH	6 – 7,6	5 – 9,6
A <sub>w</sub>	0,940-0,988	0,996

### 3.3. Gastroentérites et diarrhées

Une gastro-entérite est une infection inflammatoire caractérisée par l'émission brutale et fréquente de selles liquides et abondantes (diarrhée) [9].

*E. coli* est souvent responsable de gastro-entérites graves pouvant être mortelles dans certains cas à l'absence de traitement (**Perrière, 1992**).

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.

Leur extrême abondance et leur résistance dans l'eau sont telles que ces bactéries ont été retenues comme germes-tests de contamination fécale des eaux.

Bien que fort nombreuses, ces bactéries ne sont guère pathogènes : 5 à 6% des souches seulement chez l'enfant. Ce n'est que dans de très rares cas qu'elles passent dans le sang provoquant une septicémie ou des infections urinaires.

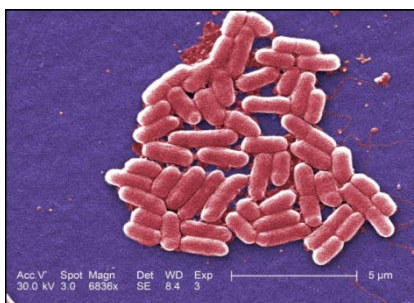
Outre les eaux contaminées par les matières fécales de l'homme et des animaux, on retrouve ces pathogènes dans le tractus gastro-intestinales des ruminants qui sont porteurs sains (Vilaginès, 2010).

Les bactéries *Escherichia coli* (*E. coli*) sont des microorganismes courants que l'on trouve dans l'intestin des humains et des animaux, ou elles aident à la décomposition et à la fermentation des aliments. On compte des centaines de souches d'*E. Coli*, dont la plupart sont inoffensives pour la santé humaine.

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.

En plus d'être propre aux matières fécales, *E. coli* se multiplie rarement dans l'environnement, est excrétée dans les matières fécales en grande quantité (environ 10<sup>9</sup> cellules par gramme) – ce qui rend la détection possible même lorsque les bactéries sont fortement diluées – et a une durée de vie comparable à celle d'autres bactéries pathogènes entériques (de l'intestin, associées à l'intestin ou ayant un impact sur l'intestin).

Ces facteurs font d'*E. Coli* le meilleur indicateur dont on dispose pour ce qui est de la contamination fécale (CIEFFQE, 2011).



**Figure 04:** *Escherichia coli* observée au microscope électronique à balayage (grossissement x 6836) [10].

- ❑ **Source de danger :** La présence d'*Escherichia coli* dans les selles humaines et animales est l'une des raisons de son utilisation comme indicateur de pollution fécale dans l'environnement, principalement dans l'eau [11].
- ❑ **Voie de transmission :** La consommation d'aliments ou d'eau contaminés par des germes peut causer la gastroentérite et par le contact avec les selles ou les vomissements de personnes victimes d'une gastroentérite infectieuse [11].

- ❑ **Principales caractéristiques** : *Escherichia coli* sont des bacilles à Gram négatifs, oxydase négatifs, ne formant pas de spores. Elles sont des coliformes thermotolérants 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. (Gourmelon *et al.*, 2002).

**Tableau 05:** Caractéristiques de survie et de croissance d'*Escherichia coli* [12].

Paramètres	Croissance	
	Optimum	Extrêmes
Température (°C)	40	6 - 45,5
pH	6 - 7	4,4 - 9
a <sub>w</sub>	0,995	0,95

### 3.4. 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 (Leminor et Veron, 1989).

- ❖ *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 survivent 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 (Leminor et Veron, 1989).



**Figure 05:** *Staphylococcus aureus* observée au microscope électronique à balayage (grossissement x 20000) [13].



- ❑ **Sources du danger :** Ces bactéries sont également isolées de l'environnement naturel (sol, eau douce et eau de mer, poussière, air), de l'environnement domestique de l'Homme (cuisine, réfrigérateur), de l'environnement hospitalier et des ateliers de préparation alimentaire ainsi qu'à partir de denrées alimentaires [14].
- ❑ **Voie de transmission :** Les *staphylocoques* peuvent entrer dans l'organisme par ingestion d'aliments ou d'eau contaminée [15].
- ❑ **Principales caractéristique :** Le *S. aureus* est un coque à coloration de Gram positive. Il mesure de 0,5 à 1 µm 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, produit de nombreuses toxines dont les entérotoxines staphylococciques (SE), produites par certains *S. aureus* (ceux portant les genres de ces toxines) et qui sont responsables d'épidémies liées à cette bactérie [14]. Leur croissance est favorisée dans des conditions spécifique sont les suivants.

**Tableau 06:** Caractéristiques de survie et de croissance de *S. aureus* [14].

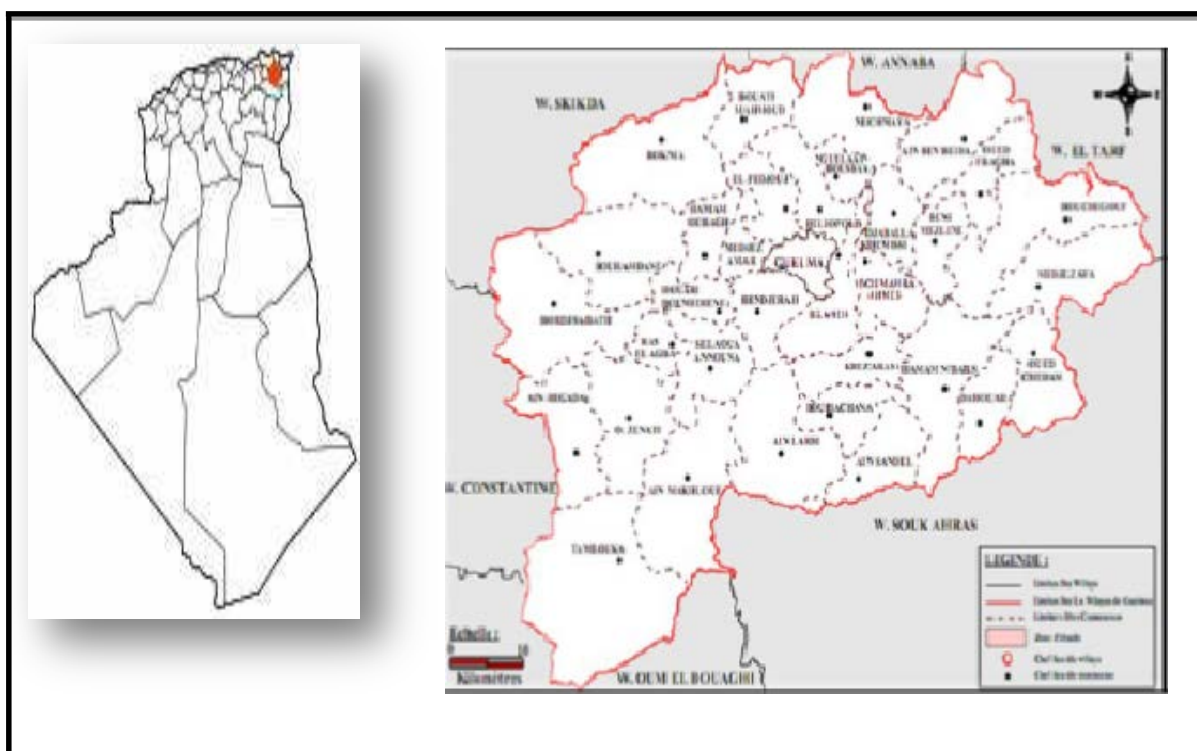
Paramètres	Croissance	
	Optimum	Extrêmes
Température (°C)	35 - 41	6 - 48
pH	6 - 7	4 - 10
aw	0,99	0,83 – 0,99

# Chapitre III

### III. Description du site d'étude

#### 1. Présentation de la wilaya de Guelma

La wilaya de Guelma se situe au Nord-est du pays (**Fig. 06**) et constitue, du point de vue géographique, un point de rencontre, voire un carrefour entre les pôles industriels du Nord (Annaba et Skikda) et les centres d'échanges au sud (Oum El-Bouaghi et Tébessa). Elle occupe une position médiane entre le nord du pays, les hauts plateaux et le sud. La wilaya de Guelma s'étend sur une superficie de 3.686,84 Km<sup>2</sup> [16].



**Figure 06:** Carte géographique de la zone d'étude (DPAT, 2008).

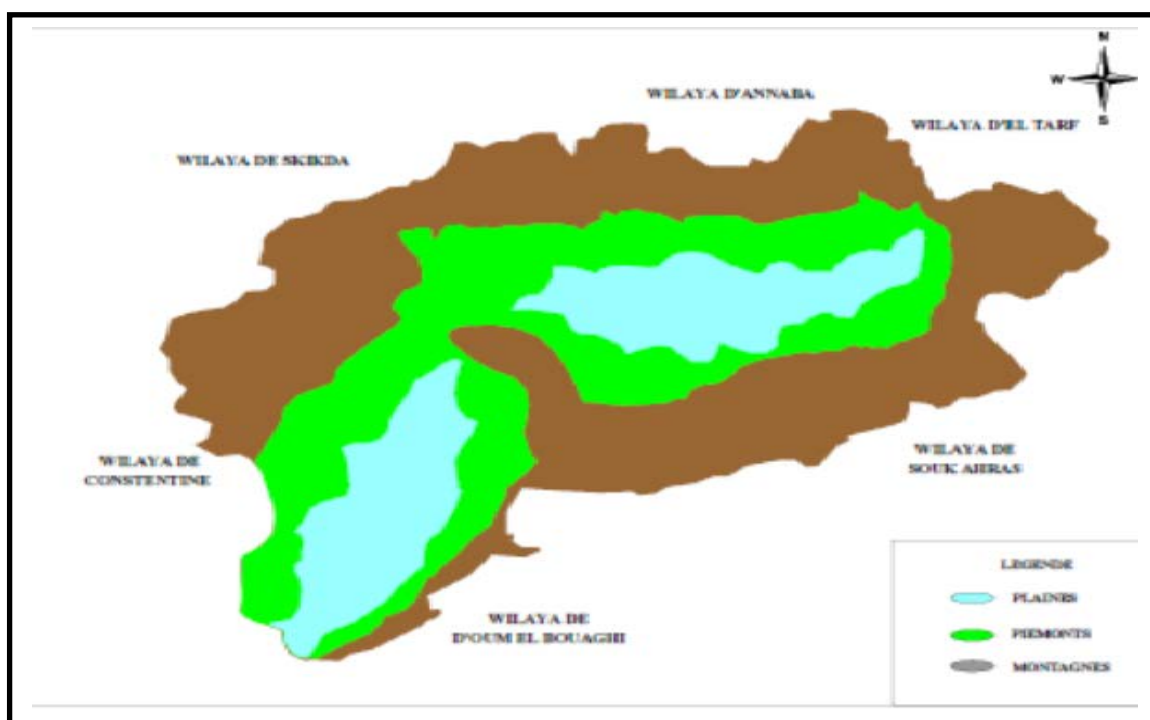
#### 2. Géomorphologie

##### 2.1. Le relief

La géographie de la Wilaya se caractérise par un relief diversifié dont on retient essentiellement une importante Ce relief se décompose comme suit (**Fig. 7**) :

- **Montagnes** : 37,82 % dont les principales sont :
  - 1 – Mahouna (Ben Djerrah) : 1.411 M d'Altitude
  - 2 – Houara (Ain Ben Beidha) : 1.292 M d'Altitude
  - 3 – Taya (Bouhamdane) : 1.208 M d'Altitude

- 4 – D'bagh (Hammam Debagh): 1.060 M d'Altitude
- **Plaines et Plateaux** : 27,22 %
  - **Collines et Piémonts** : 26,29 %
  - **Autres** : 8,67 % couverture forestière et le passage de la Seybouse qui constitue le principal cours d'eau [16].



**Figure 07:** Géomorphologie de la région de Guelma (Benmarce, 2007).

### 3. Présentation de la commune de Dahouara et Ain Sandal

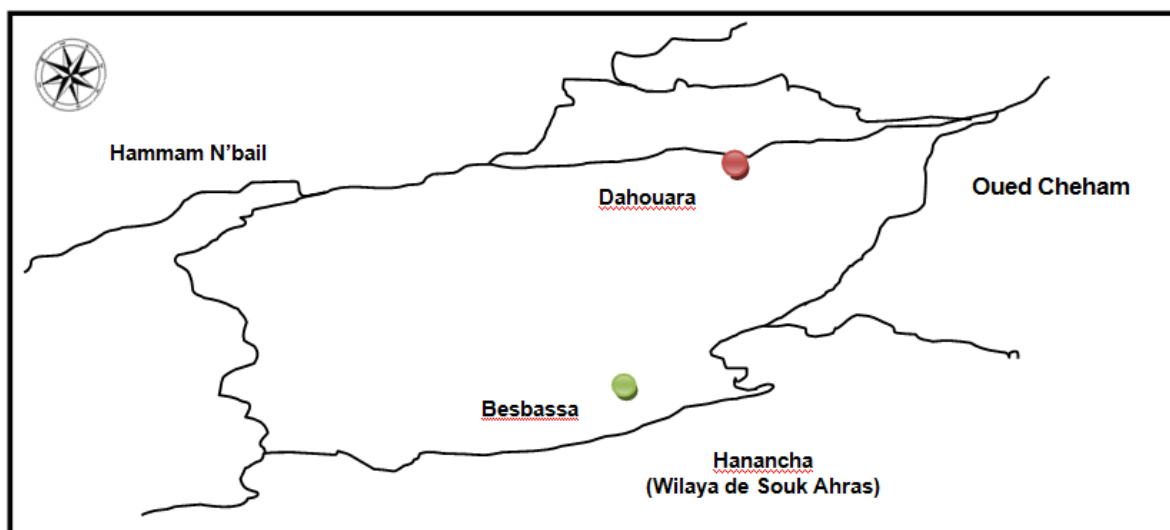
#### 3.1. Commune de Dahouara

La commune de Dahouara appartient à la daïra de Hammam N'baïl (wilaya de Guelma), est située dans la province orientale de Guelma, bordée au le nord par la daïra de Bouchegouf, au sud par la commune de Hanancha (daïra de Mechroha, wilaya de Souk Ahras) à l'est par Oued Cheham (daïra de Hammam N'baïl) et à l'ouest par la commune de Hammam N'baïl (**Fig. 08**).

La commune de Dahouara est célèbre pour sa nature accidentée et montagneuse, son climat humide et ses nombreuses sources d'eau potable qui approvisionnement toute la région en eau. L'une des plus célèbres de ces sources est la source d'Ain Djemel à Besbassa (**Fig. 09**).



**Figure 08:** Position géographique des communes Ain Sandal et Dahouara (Wilaya de Guelma).

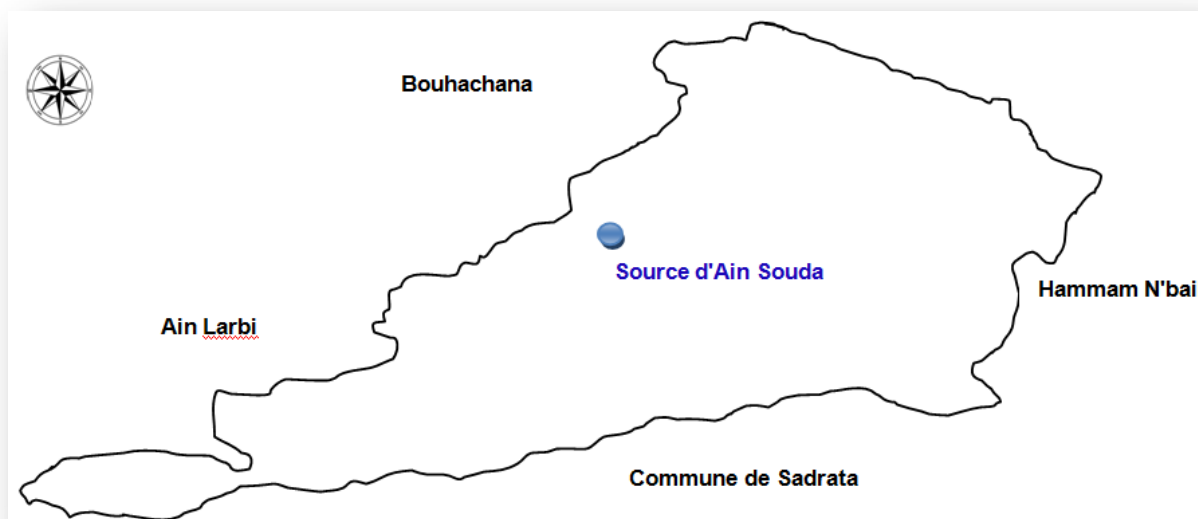


**Figure 09:** Dessin à main levée de la commune de Dahouara et la position de la source de Besbassa (Wilaya de Guelma).

### 3.2. Commune Ain Sandal

La commune de Ain Sandal est située au sud-est de la wilaya de Guelma (**Fig. 08**), bordée au nord par la commune de Bouhachana, au sud par la daïra de Sedrata (wilaya de Souk Ahras), au est par Hammam N'baïl et à l'ouest par Ain Larbi (daïra de Ain Makhlouf, wilaya de Guelma) cette commune se caractérisée par la diversité du terrain et la densité de

la couverture végétale et le climat modéré en raison de l'abondance des sources en eau dans la région. La source la plus importantes dans cette Commune est la source d'Ain souda (**Fig. 10**).



**Figure 10:** Dessin à main levée de la commune d'Ain Sandal et la position de la source d'Ain Souda. (APC Ain Sandal)

#### 4. Etude climatique de la région de Guelma

Les données climatiques de la région de Guelma présentées ci-dessous sont un extrait d'un travail effectué l'année passée par Djedadoua.

##### 4.1. Pluviométrie

D'après **Prévost (1999)**, Les précipitations englobent la pluie, la neige, la rosée, le brouillard et la grêle, c'est-à-dire toutes les chutes d'eau arrivant au sol. Cette quantité d'eau s'exprime en mm. Le mois le plus frais est Janvier avec 90,79 mm et le mois le plus sec est Juillet avec une moyenne de 03,56 mm (**Tab. 07**).

##### 4.2. Températures

D'après **Ramade (2003)**, la température représente un facteur limitant de toute première importance, car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres

vivants dans la biosphère. Le mois le plus froids est Janvier avec une moyenne de 9,66 C° et le mois le plus chaud est Juillet avec une moyenne de 27,46 C° (Tab. 07).

### 4.3. Humidité

D'après Prévoste (1999), L'humidité de l'air ou état hygrométrique, est le rapport de la masse de vapeur d'eau que contient un certain volume d'air, à la masse de vapeur d'eau que contiendrait ce même volume d'air à la même température. Le mois le plus humide est le mois de Janvier avec 77,6 % (Tab. 07).

**Tableau 07:** Valeurs moyennes mensuelles de la température, précipitation et Humidité de l'air, enregistrées à Guelma en 2002 jusqu'à 2015.  
(Station météorologique de Guelma).

Paramètres	2002-2015											
	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
<b>P (mm)</b>	90,79	78,75	81,90	60,25	39,34	16,56	03,56	16,71	43,39	51,64	71,61	86,10
<b>Température (C°)</b>	09,66	09,90	12,44	15,53	19,21	24,08	27,46	27,30	24,29	20,18	14,42	10,84
<b>H (%)</b>	77,60	75,46	75	72,90	68,71	60,16	56,12	58,12	67,13	70,01	73,62	77,19

## 5. Synthèse Climatique

### 5.1. Indice d'aridité De Martonne

D'après Ozenda (1982), l'indice d'aridité de De Martonne est calculé par la formule suivante :

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

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

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

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

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

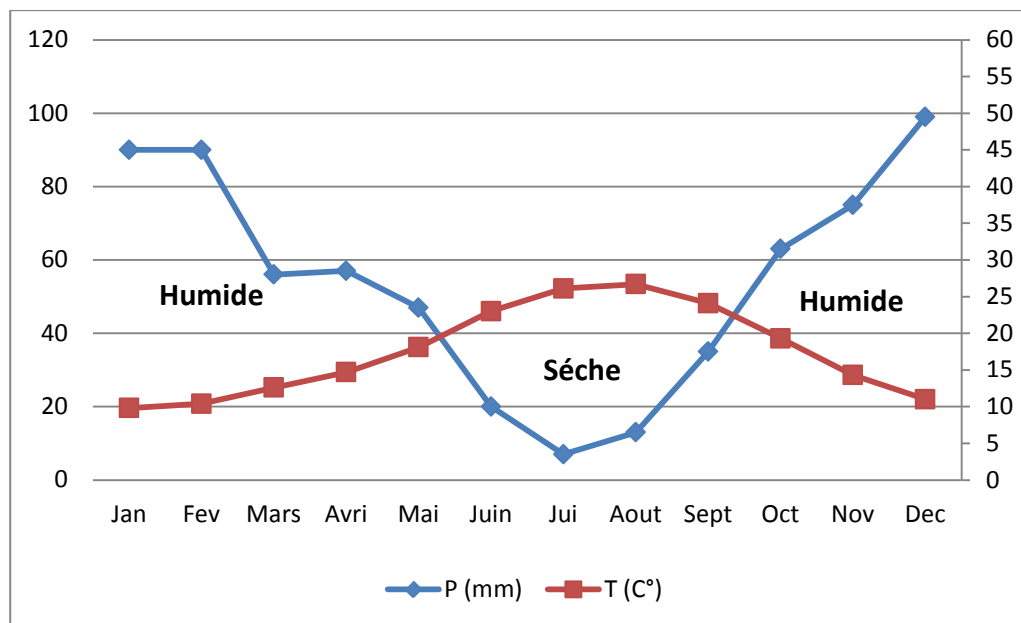
L'indice de De Martonne pour la région de Guelma a permis d'avoir une valeur de 22,95, ce qui classe cette région comme région à climat humide.

## 5.2. Diagramme pluviométrique de Gausсен

D'après **Dalage et Metaille (2000)**, le diagramme pluviométrique est un graphique représentant les caractéristiques d'un climat local par la superposition des figures exprimant d'une part les précipitations et d'autre part les températures.

Bagnouls et Gausсен (1953), considèrent qu'un mois est sec lorsque le rapport  $P/T$  est inférieur ou égal à 2 ( $P$  étant le total des précipitations exprimé en (mm) et  $T$  étant la température moyenne mensuelle en °C). 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 humide 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 (**Fig. 11**).



**Figure 11:** Diagramme pluviométrique de Gausсен pour la région d'étude.



5.3. 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:

$$Q_2 = 3,43 \times \frac{P}{(M - m)}$$

- Q<sub>2</sub>**: 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 Q<sub>2</sub> qui égale à 68,45. Notre région d'étude est classée dans l'étage climatique à végétation semi-aride à hiver tempéré.

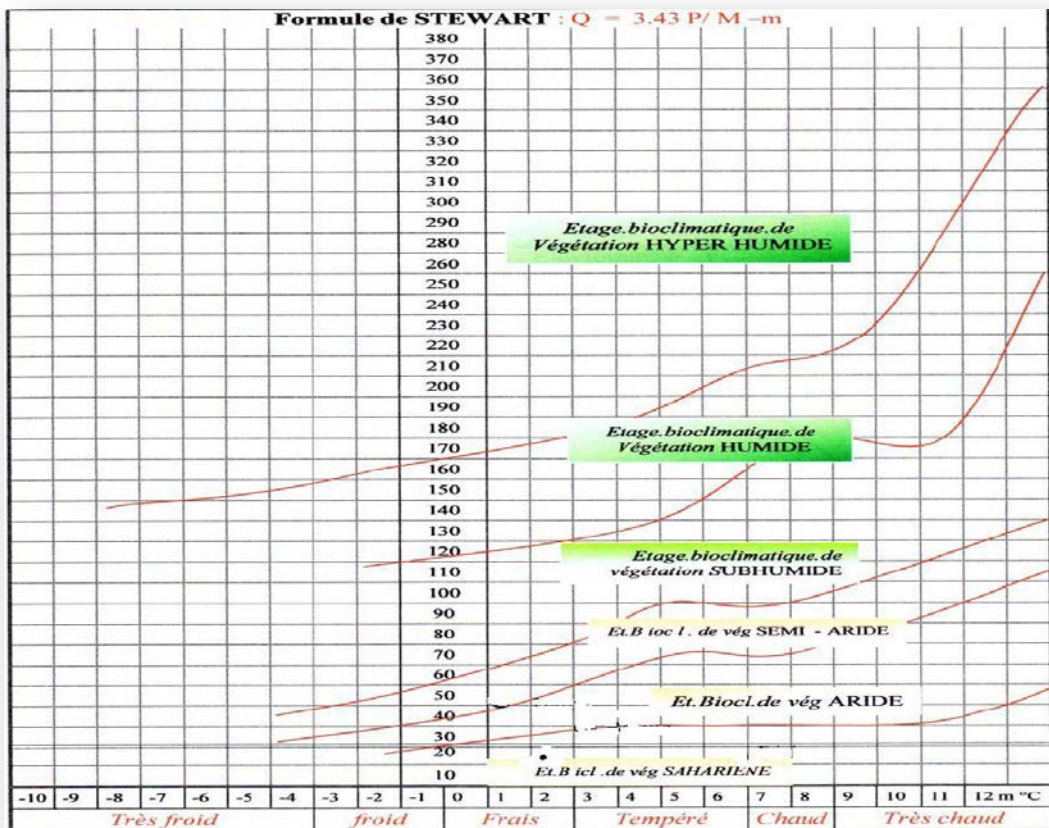


Figure 12 : Situation de Guelma dans le climagramme d'Emberger (1955).

# Chapitre IV

**IV. Matériel et Méthodes****1. Prélèvement et échantillonnage**

Le prélèvement doit s'effectuer dans des conditions d'asepsie rigoureuse. Il faut utiliser de préférence des flacons en verre pyrex munis d'un large col et d'un bouchon à vise métallique. Les techniques de prélèvement sont variables en fonction du but recherché et de la nature de l'eau à analyser. Pour une eau de surface (eau superficielle), les flacons stériles sont prolongés à une distance qui varie de 25 à 30 cm de la surface assez loin des bords, ainsi que des obstacles naturels. Les flacons sont ouverts sous l'eau et sont remplis jusqu'au bord, ensuite le bouchon est également placé sous l'eau de telle façon qu'il n'y est aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport (**Rodier, 2005**).

Il est essentiel que les échantillons soient clairement étiquetés immédiatement avant les prélèvements et que les étiquettes soient lisibles et indétachables. Dans ces derniers, on doit noter avec précision; la date, l'heure, les conditions météorologique, un numéro et toutes circonstances anormales (**Lightfoot, 2002**).

**2. Choix des points de prélèvement**

Pour contribuer à l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de source d'Ain Souda et Ain Djemel nous avons effectué quatre prélèvements durant les mois de mars et avril, voir tableau ci-dessous.

**Tableau 08:** Période de prélèvement.

<b>Nom de la source d'eau</b>	<b>Date de prélèvement</b>	<b>Heure de prélèvement</b>
<b>Source Ain Djemel</b>	- 06/03/2018	- 08h51min
	- 16/04/2018	- 09h10min
<b>Source Ain Souda</b>	- 06/03/2018	- 10h26min
	- 16/04/2018	- 11h02min

**2.1. Source d'Ain souda**

La source située au centre de la ville d'Ain Souda, adjacent au poste central de la ville et derrière chacun des quartiers généraux de la commune et de la gendarmerie national. La source, considéré comme la principale source d'approvisionnement en eau potable de la

population locale, attirant des visiteurs de toute les régions de l'état et cela en raison de sa qualité ainsi de sa haute valeur sanitaire et nutritive.



**Figure 13:** Photos de la source d'Ain souda (Photo personnelle).

## **2.2. Source d'Ain Djemel**

Située dans la région de besbassa qu'est une zone rurale montagneuse au premier degré dans une endroits éloigné à quelques kilomètres du siège municipal ,il a été découvert il y a quelques années où la population et les entrepreneurs étaient conscients de la nécessité de créer une usine pour exploiter et commercialiser cette eau à travers tout le sol algérien Pour sa qualité d'eau douce et fraiche et son emplacement stratégique d'autre part.



**Figure 14:** Photos de la source d'Ain Djemel (Photo personnelle).

## **3. Transport et conservation des échantillons**

La teneur initiale en germes des eaux risque de subir des modifications dans le flacon, après le prélèvement. C'est pour cela que toute analyse doit être effectuée le plus

rapidement possible. L'évolution est d'ailleurs assez difficile à prévoir et dépend de nombreux facteurs : température, concurrence bactérienne des espèces présentes, composition chimique de l'eau.

À ce sujet la circulaire du 21 janvier 1960, relative aux méthodes d'analyse bactériologique des eaux d'alimentation spécifie : « Si la durée du transport dépasse une heure, et si la température extérieure est supérieure à 10°C, les prélèvements seront transportés dans des glacières dont la température doit être comprise entre 4 à 6 °C. Même dans ces conditions, l'analyse bactériologique doit débuter dans un délai maximal de 8 heures, après le recueil de l'échantillon » (Rodier *et al.*, 2009).

#### **4. Méthodes d'analyses**

##### **4.1. Analyse organoleptique**

Les paramètres organoleptiques de l'eau doivent être appréciés au moment du prélèvement (Sari, 2014).

###### **Test de la couleur**

La couleur a été évaluée par observation oculaire de plusieurs bouteilles et flacons remplis d'eau prélevée de la source (Sari, 2014).

###### **↳ Test de l'odeur et de la saveur**

L'odeur a été évaluée par simple sensation olfactive.

La saveur est décelée par dégustation qui exige à rincer la bouche avec l'eau distillée avant chaque dégustation (Sari, 2014).

##### **4.2. Analyse physico-chimique**

Dans chaque source, nous avons effectué des mesures *in situ*, à l'aide d'un multi paramètre (Fig. 15), de température, de pH, de la conductivité, de la salinité et de l'oxygène dissous de l'eau.

D'une façon générale, opérer de la verrerie rigoureusement propre et rincée avant usage avec de l'eau distillée. Tout d'abord, rincée plusieurs fois l'électrode avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans l'échantillon à examiner (Rodier, 2005).



**Figure 15:** Multi-paramètre (WTW Multi 1970i)

#### 4.2.1. Température

La température de l'eau joue un rôle important par exemple en ce qui concerne la solubilité des sels et des gaz dont, entre autres, l'oxygène nécessaire à l'équilibre de la vie aquatique. Par ailleurs, la température accroît les vitesses des réactions chimiques et biochimiques d'un facteur 2 à 3 pour une augmentation de température de 10 degrés Celsius (°C) (IBGE, 2005).

Une température élevée favorise la croissance des micro-organismes, peut accentuer le goût, l'odeur et la couleur (OMS, 1994). Par contre une température inférieure à 10°C ralentit les réactions chimiques dans les différents traitements des eaux (Rodier *et al.*, 2009).

#### 4.2.2. pH

Le pH est habituellement donné sur une échelle de 0 à 14, 0 étant extrêmement acide et 14 extrêmement basique. Un pH de 7 correspond à une solution neutre.

La majorité des eaux naturelles présentent un pH de 6,5 à 8,0, ce qui signifie qu'elles sont pratiquement neutres (CiffQE, 2011).

Le pH d'une eau est une indication de sa tendance à être acide ou alcaline, il est fonction de l'activité des ions hydrogènes  $H^+$  présents dans cette eau. Dans les eaux

naturelles cette activité est due à des différentes causes en particulier l'ionisation de l'acide carbonique et de ses sels (**Rodier et al., 2009**).

#### **4.2.3. Conductivité**

La conductivité d'une eau est un indicateur des changements de la composition en matériaux et leur concentration globale. Elle est proportionnelle à la qualité de sels ionisables. Elle renseigne sur le degré de minéralisation globale des eaux superficielles. Des températures élevées agissent sur la conductivité électrique par action sur la mobilité des sels. Les eaux naturelles servent comme solvant d'un nombre considérable de solutés, qui en solutions aqueuses sont soit complètement associées en ions ou partiellement ionisées. Une conductivité élevée traduit soit des pH normaux, soit le plus souvent une salinité élevée (**El Morhit, 2009**).

#### **4.2.4. Oxygène dissous**

L'oxygène est l'un des paramètres particulièrement utile pour l'eau et constitue un excellent indicateur de la qualité. Sa présence dans les eaux de surface joue un rôle prépondérant dans l'autoépuration et le maintien de la vie aquatique. Cependant, sa présence dans les eaux urbaines est considérée comme gênante du fait de la possibilité de la corrosion des distributeurs métalliques.

L'oxygène est l'un des facteurs fondamentaux de la vie. Il entre pour 21% dans la composition de l'air atmosphérique, et représente 35% environ des gaz dissous dans l'eau à pression normale (**El Morhit, 2009**).

#### **4.2.5. Salinité**

La salinité explique la chlorosité de l'eau qui est le pourcentage de chlorure dans l'eau.

Les chlorures existent dans toutes les eaux à des concentrations très variables dont l'origine peut être une percolation à travers les terrains salés, des infiltrations des eaux marines dans les nappes phréatiques ou profondes, des rejets humains (urines), des industries extractives (industries pétrolières, houillères...) et surtout les industries de sel (saline), de la soude et de la potasse (**Ziani, 2017**).

### 4.3. Analyse bactériologique

Elle se mesure par la présence d'organismes indicateurs de pollution : les germes totaux et les coliformes qui vivent normalement dans les intestins humains et animaux. Les bactéries indicatrices de contamination fécale sont les coliformes connus sous le nom d'*Escherichia coli* (*E. coli*), les Streptocoques fécaux et les *Clostridium* sulfito-réducteurs. Elles se multiplient très facilement et sont utilisées généralement comme germes tests de contamination fécale (**Ahonon, 2011**).

L'analyse bactériologique a pour but la recherche et le dénombrement des germes existant dans les échantillons d'eau à analyser.

Il faut signaler qu'un examen bactériologique ne peut être interpréter que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé dans un récipient stérile, selon un mode opératoire précis évitant toutes les contaminations accidentelles, correctement transporté au laboratoire et analysé sans délai ou après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes (**Rodier, 2005**).

Les analyses bactériologiques qui ont été effectuées au niveau du laboratoire de l'université de 8 mai 1945 de Guelma, consistent à rechercher :

- ◆ Les germes totaux;
- ◆ Les coliformes totaux et fécaux;
- ◆ Les streptocoques fécaux;
- ◆ Les *Clostridium* sulfito-réducteurs;
- ◆ Les bactéries pathogènes :
  - ✓ *Salmonelle* ;
  - ✓ *Vibrion choléra* ;
  - ✓ *Staphylococcus aureus*,

#### 4.3.1. Recherche et dénombrement des germes totaux (microorganismes 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 (**ISO 6222, 1999**).

---



Elles se développent dans des conditions aérobies. Leur présence est indicatrice de pollution bactérienne. Leur dénombrement donne une information sur la qualité hygiénique de l'eau destinée à la consommation humaine. Ainsi, ils renseignent sur le degré de protection des nappes souterraines d'où provient l'eau à analyser (**Soudani, 2016**).

#### ❖ **Principe**

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 37 C° (**Rejsek, 2002**).

#### ❖ **Milieu de culture**

↳ Gélose glucose tryptonée à l'extrait de levure et agar TGEA.

#### ❖ **Mode opératoire**

- A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement deux fois 01 ml dans deux boîtes de Pétri vides préparées à cet usage et numérotées.
- Compléter ensuite chacune des boîtes 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 boîte.
- Laisser solidifier sur paillasse, puis rajouter une deuxième couche d'environ 5ml de la même gélose (TGEA). Cette double couche a un rôle protecteur contre les contaminations diverses.

#### ❖ **Incubation**

La première boîte sera incubée, couvercle en bas à 22°C.

La seconde boîte sera incubée, couvercle en bas à 37°C (**Fig. 16**).

**❖ Lecture**

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

- Première lecture à 24 heures.
- Deuxième lecture à 48 heures.
- Troisième lecture à 72 heures.
- Retourner les boîtes et incuber, une à 37°C pendant 24h à 48h, l'autre à 22°C pendant 72h. la lecture se fait après chaque 24h.
- Calculer le nombre de colonies formées présentes dans un millilitre d'échantillon.

**❖ Dénombrement**

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

- Dénombrer les boîtes contenant entre 15 et 300 colonies.
- Les résultats sont exprimés en nombre de micro-organismes revivifiables par ml d'eau à analyser à 22C° et 37C°(Lebres, 2006).

**4.3.2. Recherche et dénombrement des coliformes en milieux liquides (Méthode de NPP)**

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

**↳ Coliformes totaux**

Sont définis comme étant des bactéries en bâtonnet, non sporogènes, Gram négatif, aérobies ou anaérobies facultatives capables de croître en présence des sels biliaires ou autre agent de surface ayant des propriétés inhibitrices de croissance analogues et capables de fermenter le lactose avec production d'acide (ou d'aldéhyde) et de gaz en 48 heures à des températures de 35 à 37° C (INSPQ, 2010).

Les coliformes sont un groupe de bactéries étroitement apparentées qui sont Généralement libres dans l'environnement; leur présence dans l'eau peut être signe de contamination du système d'approvisionnement en eau (CIFIQE, 2011).

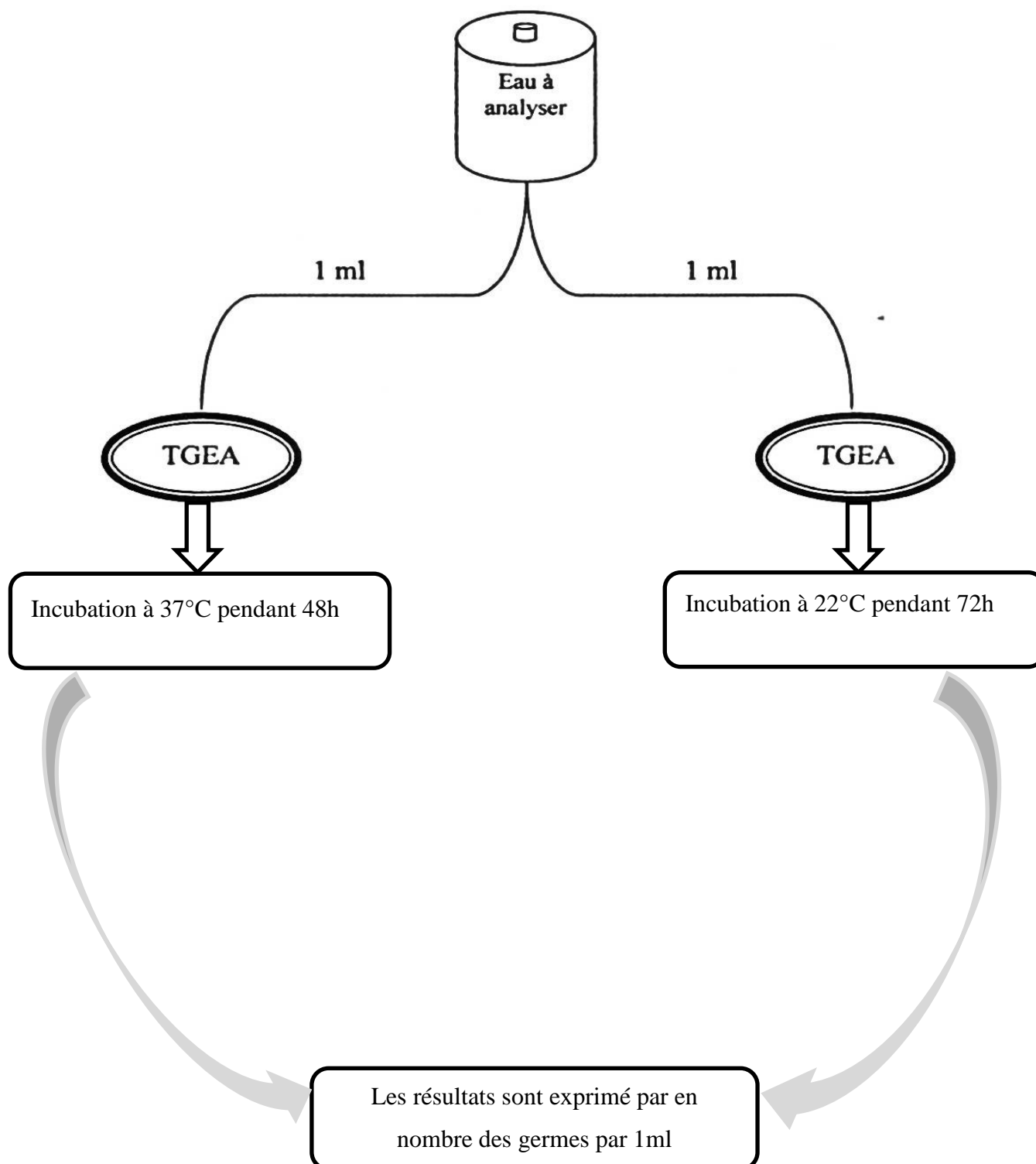


Figure 16: Recherche et dénombrement des germes totaux dans l'eau.

**↳ Coliformes fécaux (thermotolérants)**

Ce sont des bâtonnets gram négatif, aérobies et facultativement anaérobies ; non sporulant, capables de fermenter le lactose avec production de l'acide et de gaz à 36 et 44°C en moins de 24 heures. Sont souvent désignés sous le nom *d'Escherichia Coli*. Les coliformes fécaux sont intéressants car un très grand nombre d'entre eux vivent en abondance dans les matières fécales des animaux à sang chaud et de ce fait, constituent des indicateurs fécaux de la première importance (**Harlye et al., 2010**).

**❖ Milieux de culture**

- ↳ Bouillon lactose au pourpre de bromocresol (BCPL) à double concentration (D/C) ;
- ↳ Bouillon lactose au pourpre de bromocresol (BCPL) à simple concentration (S/C) ;
- ↳ Milieu de confirmation : bouillon de Schubert ;
- ↳ Réactif de Kovacs pour la recherche d'indole.

**❖ Mode opératoire****1<sup>ière</sup> étape: Test présomptif pour la présence ou l'absence des coliformes.**

On ensemence

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

- 3 fois 10 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham.
- 3 fois 1ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.
- 3 fois 0,1ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.
- Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloche 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).
- ❖ La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table de Mac Grady NPP.

### 2<sup>ème</sup> étape: Test confirmatif de la présence ou l'absence d'*E. Coli*.

Le test de confirmation ou test de Mac Kenzie 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 (**Fig. 17**). Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloche et bien mélanger le milieu. L'incubation se fait à 44 °C pendant 24 h.

#### ❖ **Lecture**

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 ou rose en surface, témoin de la production d'Indole par *Escherichia Coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs.
- La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table de Mac Grady NPP.
- en tenant compte du fait qu'*Escherichia Coli* est à la fois producteur de gaz et d'indole à 44 °C.
- Utilisation d'un seul tube confirmatif (Dénombrement d'*E. Coli*) (**Tfyeche, 2014**).

### **4.3.3. Recherche des streptocoques fécaux en milieu liquide**

Ce sont des hôtes normaux de l'intestin de l'homme et des animaux à sang chaud. Ils se répartissent en deux genres *Streptococcus* et *Enterococcus*. La plupart des espèces appartiennent au genre *Enterococcus*. Leur recherche dans le milieu hydrique présente un intérêt certain, car leur comportement diffère nettement de celui des coliformes. Leur

caractère de cocci Gram+ leur confère une bonne résistance dans les milieux hydriques. Ce qui permettrait la mise en évidence de pollution plus ancienne (**Hade, 2003**).

❖ **Milieu de culture**

- ↳ Milieu de Rothe à double concentration (D/C) ;
- ↳ Milieu de Rothe à simple concentration (S/C) ;
- ↳ Milieu de confirmation Eva Litsky.

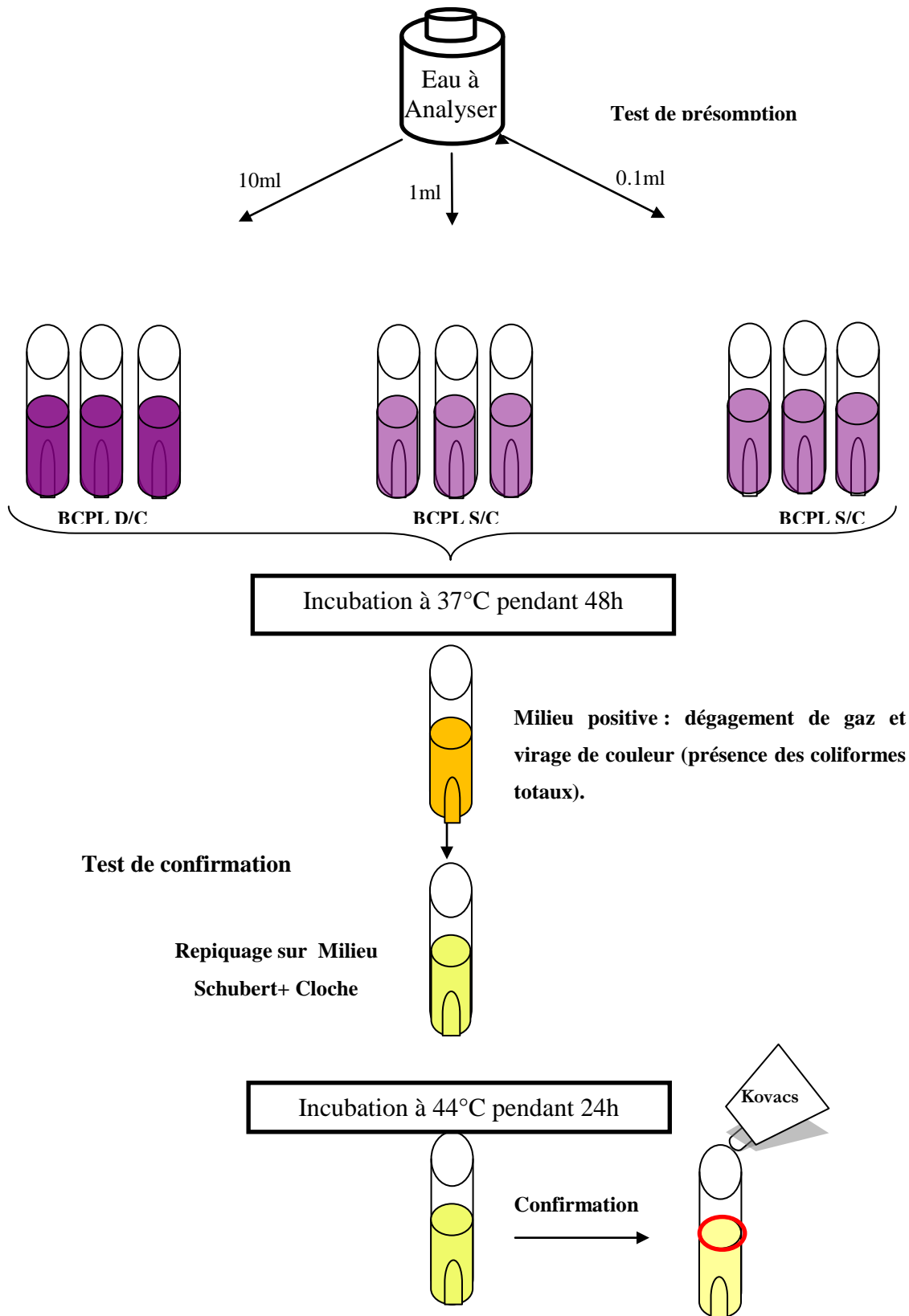


Figure 17: Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux dans l'eau.

**❖ Mode opératoire****1<sup>ère</sup> étape: Test présomptif**

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

- 3 fois 10 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE D/C (double concentration) ;
- 3 fois 1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE S/C (simple concentration) ;
- 3 fois 0.1ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE S/C:
- Bien mélanger le milieu et l'inoculum.
- L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

**2<sup>ème</sup> étape: 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 donc faire l'objet d'un repiquage dans un tube contenant le milieu LITSKY EVA. Bien mélanger le milieu et l'inoculum et l'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures.

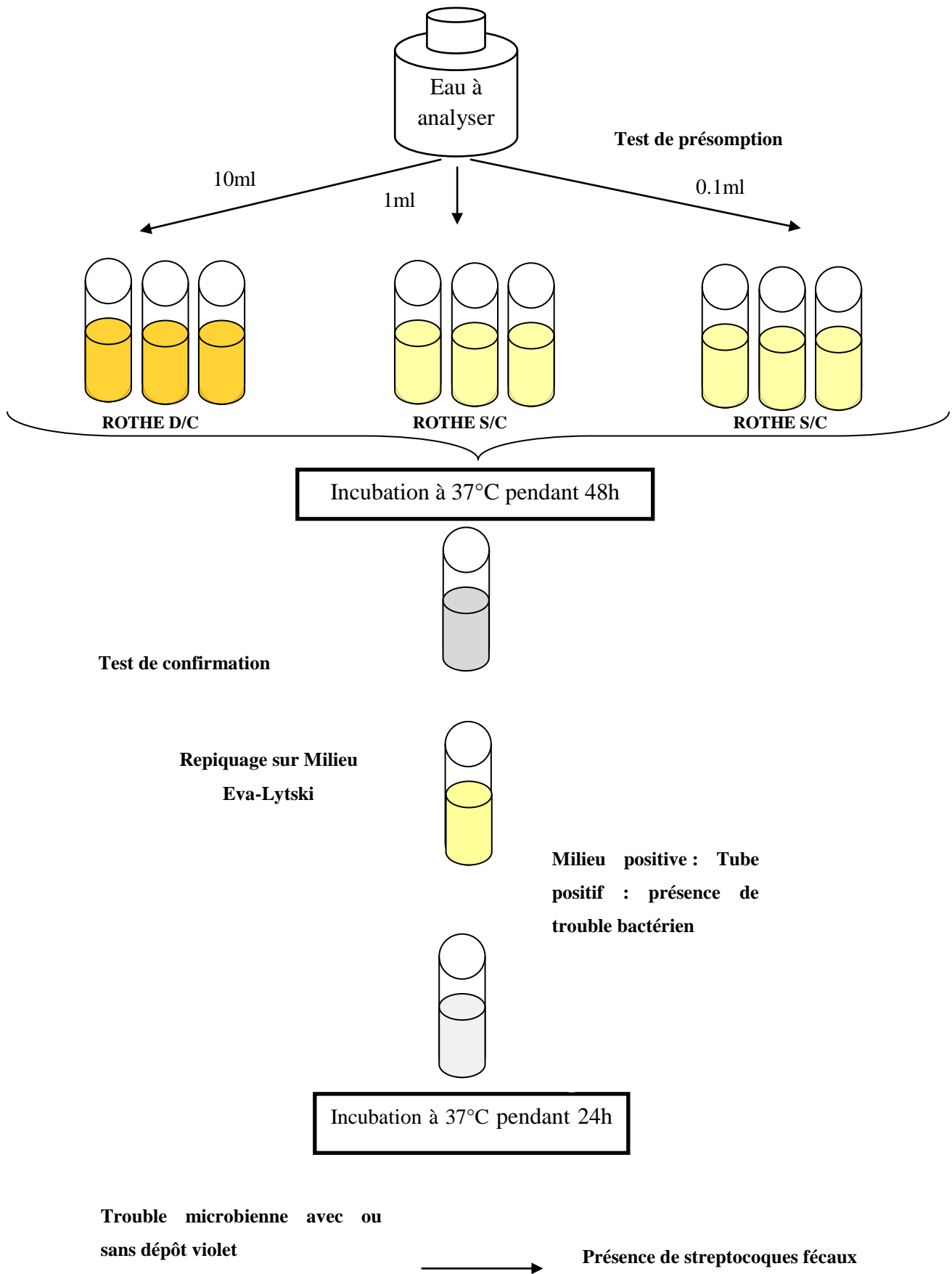
**❖ Lecture**

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

- Un trouble microbien.
- Une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes.

La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP, le nombre de streptocoque fécaux sont par 100 ml de l'eau analysé (Tfyeche, 2014).





**Figure 18:** Recherche et dénombrement des streptocoques totaux et fécaux dans l'eau.

#### 4.3.4. Recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfite-réducteurs (ASR)

Les *Clostridium* sulfite-réducteurs sont souvent utilisés comme des témoins de pollution fécale. La forme spore, beaucoup plus résistante que les formes végétatives, les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux, permettrait ainsi de détecter une pollution fécale ancienne ou intermittente. Sans débattre de l'intérêt réel d'une telle indication concernant la date de la pollution, il faut cependant considérer que si les *Clostridium* sulfite-réducteurs peuvent certes être des germes fécaux, ce sont encore des germes telluriques et que, de ce fait, aucune spécificité d'origine fécale ne peut être attribuée à leur mise en évidence (Rodier *et al.*, 2009).

Les anaérobies sulfite-réducteurs (ASR) se développant en 24 à 48 heures sur une gélose Viande 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. (Lebres, 2006).

##### ❖ Milieu de culture

- ↳ Gélose de foie (VF);
- ↳ Solution de sulfite de sodium;
- ↳ Solution d'alun de fer.

##### ❖ Mode opératoire

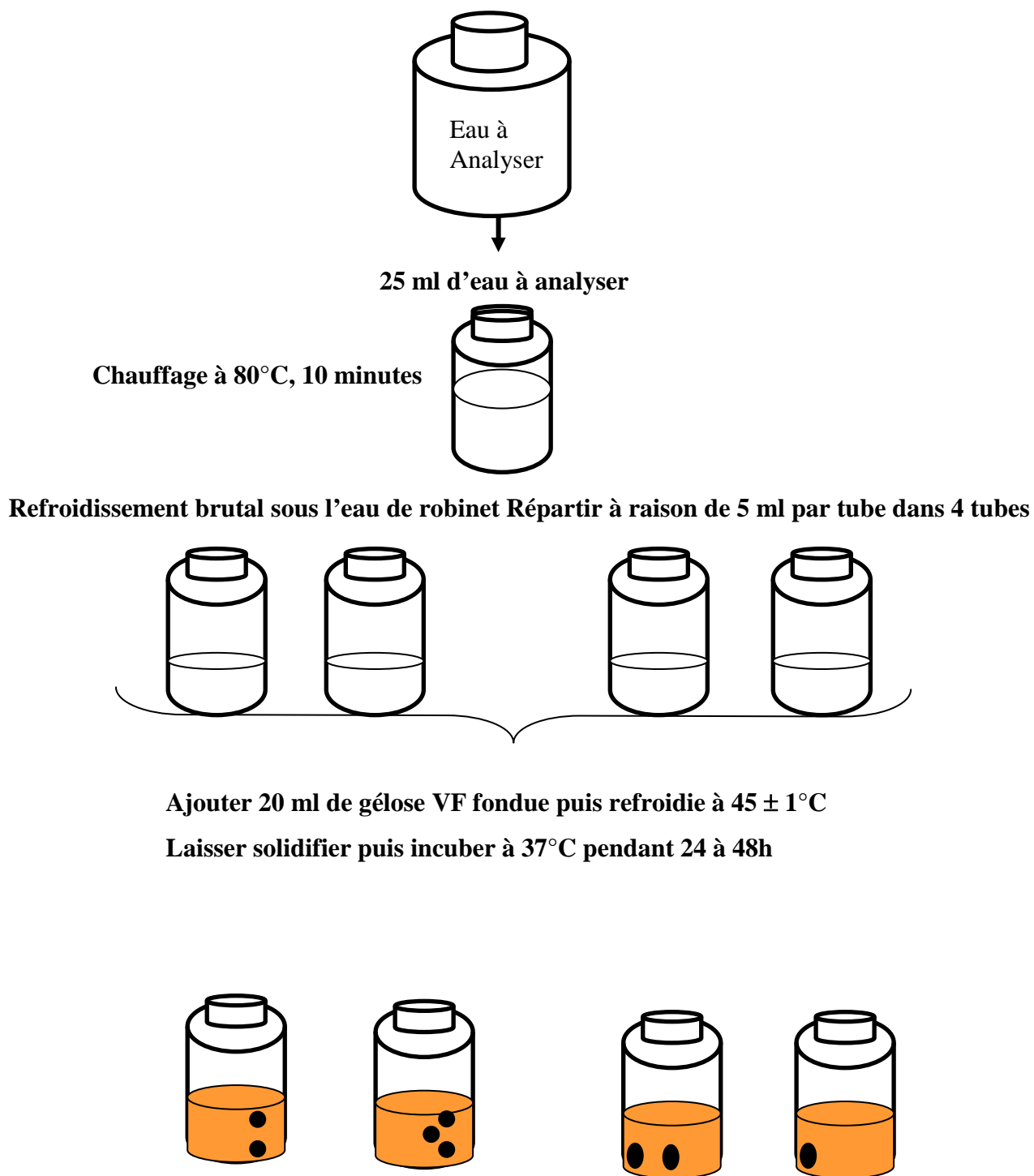
A partir de l'eau à analyser :

- Prendre environ 25 ml dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de  $80^\circ\text{C}$  pendant 8 à 10 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des ASR éventuellement présentes.
- Après chauffage, refroidir immédiatement le tube en question, 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 20 ml de gélose Viande Foie, fondue, additionnée d'une ampoule d'Alun de fer et d'une ampoule de Sulfite de sodium, puis refroidie à  $45\pm 1^{\circ}\text{C}$ .
- Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant la formation des bulles d'air et en évitant l'introduction d'oxygène.
- Laisser solidifier sur paille pendant 30 minutes environ, puis incuber à  $37^{\circ}\text{C}$ , pendant 24 à 48 heures.

❖ **Lecture**

La première lecture doit absolument être faite à 16 heures. Il est donc impératif de repérer et de dénombrer toutes les colonies noires poussant en masse et de rapporter le total des colonies à 20 ml d'eau à analyser. **(Lebres, 2006)**.



**Figure 19:** Recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfitoréducteurs (ASR).

#### 4.3.5. Origine de la contamination fécale

L'origine de la pollution fécale est reliée au rapport quantitatif des coliformes fécaux sur les streptocoques fécaux (CF/SF). (Hamid, *et al.*, 2007).

**Tableau 09:** Origine de pollution fécale selon le rapport C.F/S.F (Hamid, *et al.*, 2007).

Rapport C.F/S.F	Source de contamination
R<0.7	Principalement ou entièrement d'origine animale
0.7<R1	Mixte à prédominance animal
1<R<2	Origine incertaine
2<R<4	Mixte à prédominance humaine
R<4	Exclusivement humaine

#### 4.3.6. Recherche des germes pathogènes

##### ❑ Recherche des *salmonelles*

Les *salmonelles* sont des bactéries mésophiles, ayant une température optimale de croissance de 35/37°C, cependant les *Salmonelles* peuvent se multiplier de 5°C à 45/47°C avec une croissance nettement retardée par les températures inférieures à 10°C (Robinson Richard *et al.* 2000).

##### ❖ Mode opératoire

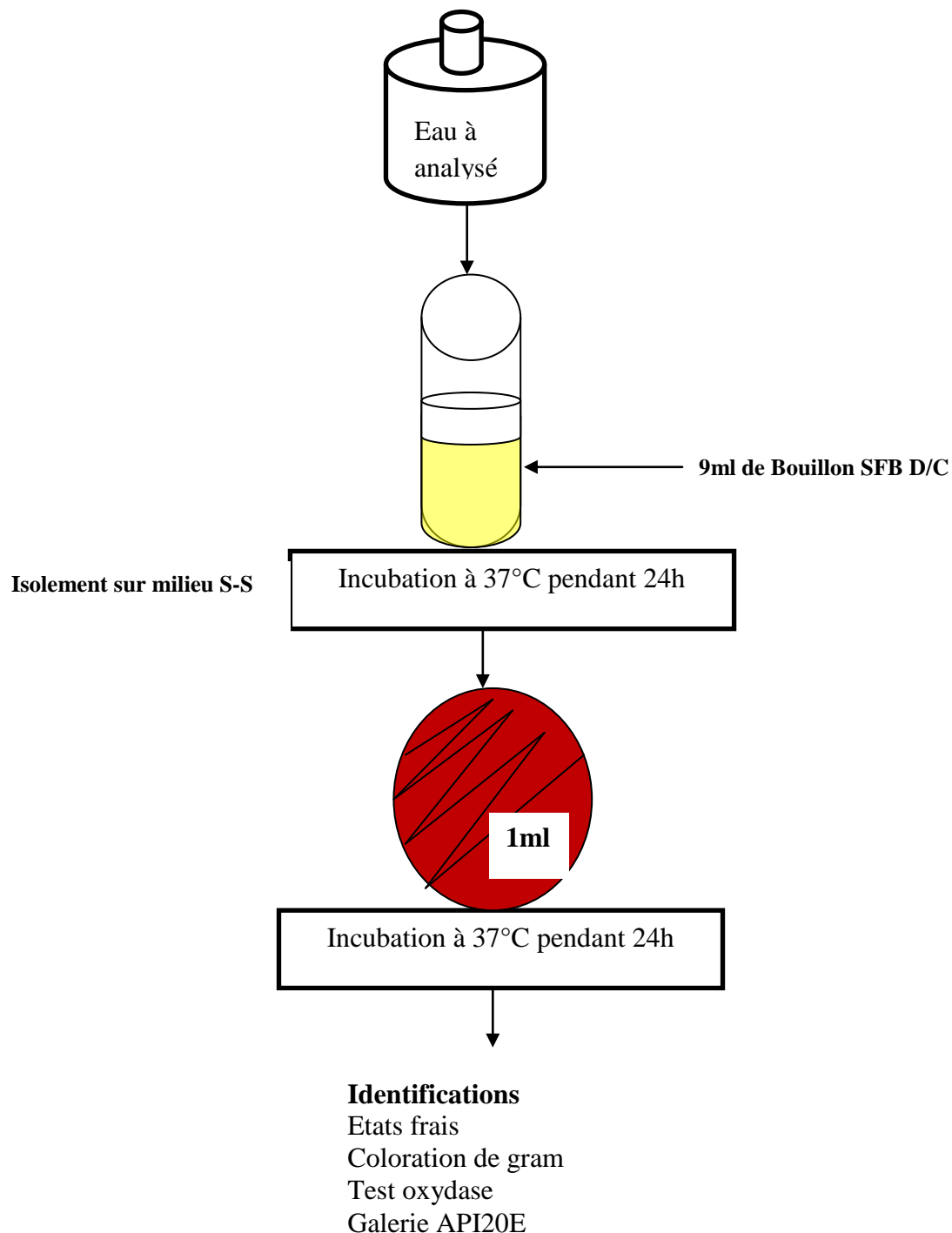
- **Etape 1 :** Effectuer un enrichissement dans des tubes contenant 9ml du milieu SFB. Ajouter 1ml d'eau à analyser (S 1, S 2).et incuber à 37°Cpendant 24heure.
- **Etape 2 :** L'ensemencement se fait par des stries avec une anse de platine après avoir coulé la gélose Salmonella-Shigella (S-S) dans les boites de pétris .incuber à 37°Cpendant 24 heures.
- **Etape 3 :** Après l'incubation, une lecture s'effectuera sur les boites contenant la gélose Salmonella-Shigella (S-S) sachant que les *salmonelles* se présentent sous forme de colonies moyennes de couleur vertes généralement, a centre noir.

##### ❖ Identification morphologique et biochimique

Une identification morphologique et biochimique est basée essentiellement sur :

- Etat frais (bacilles, mobilité).
- test oxydase(+).

- coloration de gram (bacilles gram négatifs)
- Identification biochimique par l'API 20E.
- (bacilles Gram négatifs) (Labres *et al.*, 2008).



**Figure 20:** Recherche et identification des *salmonelles*.

**☐ Recherche de *Vibrio cholérique*****❖ 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.

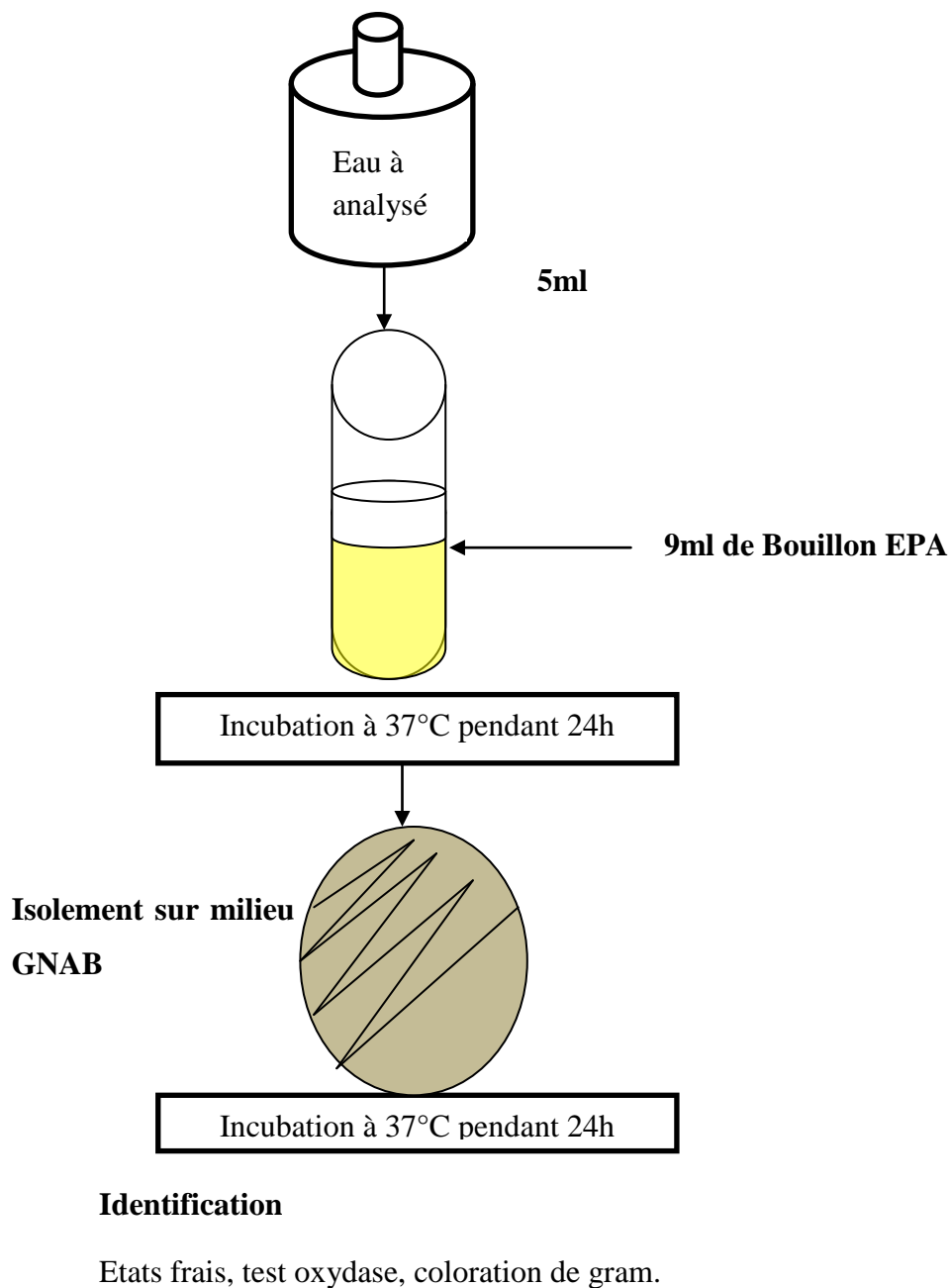
- **Etape 3 :** Après incubation ; la boîte de gélose GNAB subira une lecture en tenant compte du fait que les vibrions se présentent le plus souvent sous forme de grosses colonies lisses , transparentes et très caractéristique .

**❖ Identification morphologie et biochimique**

- Une identification morphologique et biochimique est basée essentiellement sur :

- état frais (bacilles, mobilité).
- test oxydase (+) (**Labres *et al.*,2008**).

Coloration de gram



**Figure 21:** Recherche et identification des *vibrions cholérique* (Labres *et al.*,2008).

#### ❑ Recherche des *staphylocoques*

Les *staphylocoques* sont des cocci à Gram positif, très répandus dans la nature (air, eau, sol) et vivent souvent à l'état commensal sur la peau et les muqueuses des organismes humains et animaux. Le genre *Staphylococcus* est constitué de plusieurs espèces dont : *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis* et *Staphylococcus saprophyticus* (Délarras, 2008).



**❖ Principe**

Le milieu de Chapman est un milieu sélectif, permettant la croissance des germes halophiles. Parmi ces germes figurent au premier rang les bactéries du genre *Staphylococcus*, ce milieu contient un inhibiteur : fortes concentrations en chlorure de sodium (75g.l), ce qui permet un isolement sélectif de *Staphylococcus* tolérant les fortes concentrations en NaCl (**Joffin et Leyrol, 2001**).

**❖ Mode opératoire**

Ensemencé à partir de l'eau à analyser le milieu Chapman mannité par rato et ensuite incubé à 37°C pendant 24h à 48h.

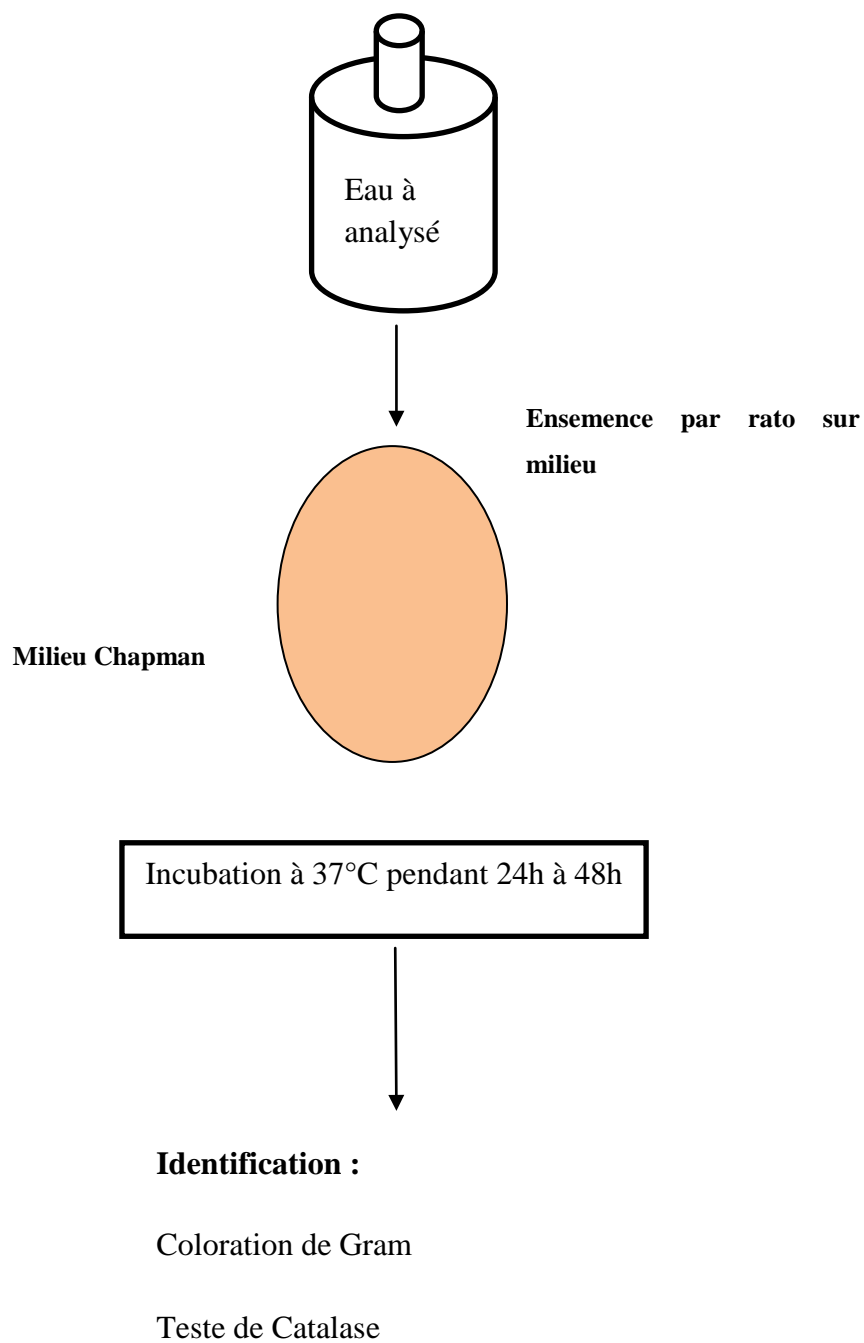
**❖ Résultat**

Les colonies de *Staphylococcus aureus* s'entourent d'un halo jaune du à l'attaque du mannitol. Les autres espèces de *Staphylococcus* donnent des colonies généralement plus petites rosées et n'entraînent pas de virage du milieu.

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**).

**❖ Identification**

- Coloration de Gram : (cocci à Gram positive, immobile).
- Catalase : positive.



**Figure 22:** Recherche et identification des *Staphylocoques*.

### ❖ Dégradation du mannitol

Nous avons ensemencé chaque tube du milieu mannitol par piqûre centrale à partir du milieu d'isolement Chapman. Après 24 heures d'incubation, le test positif (dégradation du mannitol) se traduit par virage au jaune du milieu

### ❖ Test de la staphylocoagulase

Ce test a pour but de mettre en évidence la pathogénicité d'un *staphylocoque*. Les *staphylocoques* pathogènes secrètent une enzyme dite "la staphylocoagulase" qui a la propriété de coaguler le plasma (**Leminor, 1994**).

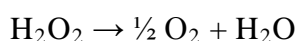
↳ **Technique** : A partir des colonies suspectes sur le milieu Chapman, ensemencer un bouillon coeur-cervelle (ou Brain Heart Infusion Broth = BHI Broth). Incuber les tubes à 37°C pendant 20 – 24 h. Mélanger ensuite dans un tube stérile à hémolyse 0,1 ml de la culture obtenue en BHIB avec 0,3 ml de plasma de lapin. Porter à l'étuve à 37°C et examiner les tubes 2h, 6h puis 24 h après.

On considère qu'il y a une réaction positive lorsque le plasma est coagulé et qu'on peut retourner le tube même si cela s'accompagne d'un léger écoulement (**Bourgeois et Leveau, 1980**).

### ❖ Test de la Catalase

↳ **Mode opératoire** : À partir d'un milieu solide et aérobic, prélever une quantité suffisante de culture et la mettre en suspension dans une goutte d'eau oxygénée déposée sur une lame (**Joffin et al., 2001**).

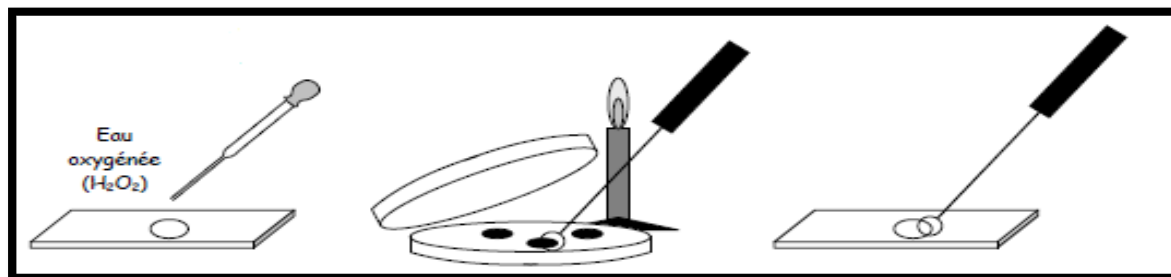
↳ **Principe** : La catalase est une enzyme qui catalyse la dégradation du peroxyde d'hydrogène (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) :



Le test consiste à mettre des bactéries en quantité suffisante en contact de peroxyde d'hydrogène (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). Si elles possèdent la catalase, elles dégradent le peroxyde d'hydrogène en eau et dioxygène visible par la formation de bulles [17].

- **Technique** : déposer sur une lame une goutte d'eau oxygénée (= peroxyde d'hydrogène) à l'aide d'une pipette Pasteur (**Fig. 23**).

- prélever une colonie à l'aide de l'anse
- dissocier la colonie dans la goutte.



**Figure 23:** Technique de catalase [17].

↳ **Lecture :** S'il y a une production de bulle d'air, on dit que la bactérie possède de la catalase, donc elle est Catalase +. Si non elle est Catalase - [17].

#### ❖ Test d'Oxydase

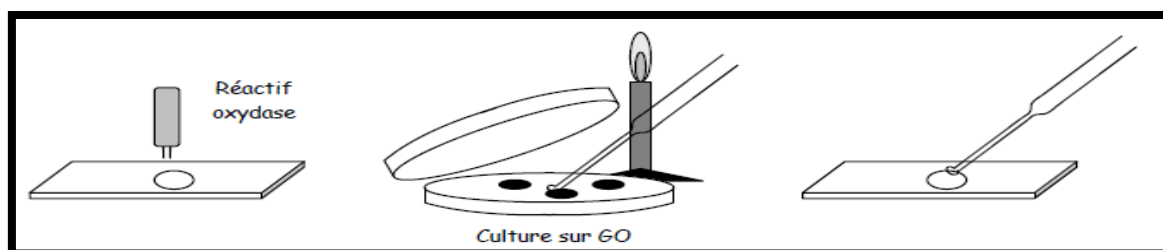
↳ **Principe :** Le test consiste à mettre en évidence la capacité que possède la bactérie à oxyder un réactif incolore (la NN-diméthyl-paraphénylène diamine) en un dérivé rose violacé [18].

#### Oxydation

NN-diméthyl-paraphénylène diamine  $\xrightarrow{\hspace{10em}}$  Produit coloré  
 (Incolore) (Rose violacé)

↳ **Technique :** Le disque de papier filtre imprégnés de réactif : l'oxalate de N-dimethyl paraphénylène diamine, qui est incolore sous forme réduite et rouge-violet sous forme oxydée a été utilisé.

Déposer, sur une lame porte-objet propre, un disque « Ox » et l'imbibber avec une goutte d'eau distillée ou d'eau physiologique stérile. Prélever une partie de la colonie à l'aide d'une pipette Pasteur boutonnée stérile et l'étaler sur le disque (Delarras, 2007).



**Figure 24:** Technique d'oxydase [18].

↳ **Lecture** : Pas de lecture avant 30 secondes environ .Après, si on trouve un tache rose violette, on dit que la bactérie possède l'activité oxydase, donc elle est Oxydase +. Si non on dit qu'elle est Oxydase -[18].

#### **4.3.7. Examen microscopique**

##### **❖ Examen microscopique à l'état frais**

L'état frais permet d'observer des bactéries vivantes et apporte des renseignements sur la morphologie, le mode de groupement, la mobilité et la quantité approximative de bactéries (Delarras *et al.*, 2003).

##### ↳ **Technique :**

- A partir d'une culture en milieu liquide, déposer sur une lame propre bien dégraissée une goutte de la culture à étudier à l'aide d'une anse de platine préalablement stérilisée.
- A partir d'une culture sur milieu solide, déposer tout d'abord sur une lame une goutte d'eau distillée stérile. Puis apporter et dissocier dans l'eau un inoculum bactérien.
- Recouvrir d'une lamelle, puis luter la préparation avec de la paraffine ou de la vaseline.
- Observer au microscope à l'objectif moyen  $\times 40$ . Pour mettre en évidence certains détails de structure, utiliser alors l'objectif  $\times 100$  à immersion (Delarras *et al.*, 2003).

##### **❖ Examen microscopique après coloration de Gram**

La coloration de Gram permet une observation grossière des cellules. Elle est irremplaçable pour différencier les bactéries Gram positif et Gram négatif.

Elle se déroule en plusieurs étapes qui se succèdent et consiste à:

- Fixer le frottis, s'il s'agit d'une culture en milieu liquide, une goutte de bouillon sera prélevée à l'aide d'une pipette Pasteur, déposée sur lame, et étalée soigneusement. S'il s'agit d'une culture en milieu solide, une colonie bien isolée sera prélevée et mise en suspension dans une goutte d'eau distillée stérile.
- Recouvrir le frottis de la solution de cristal violet. Laisser agir 1 minute.

- Rejeter le colorant. Laver à l'eau.
- Recouvrir la préparation de Lugol. Laisser agir 1 minute.
- Rejeter le Lugol. Laver à l'eau.
- Décolorer à l'alcool 95°. La durée de décoloration doit être adaptée à l'épaisseur du frottis.
- Rincer à l'eau courante et recouvrir la lame de la solution de Fuchsine diluée. Laisser agir quelques secondes.
- Rejeter la Fuchsine. Laver abondamment à l'eau, égouttée, sécher entre deux feuilles de papier buvard très propres (**Dégrément, 1998**).

↳ **Lecture**

- Observer au microscope : Les bactéries Gram négatif sont roses et les bactéries Gram positif ont de coloration violette (**Bourdon et Marchal, 1981**).

❖ **Identification des entérobactéries par la galerie API 20 E**

La galerie API 20E est un système standardisé pour l'identification des *Enterobacteriaceae* et autres bacilles à Gram négatif. C'est une technique de routine très utilisée en milieu professionnel pour le diagnostic in vitro et le contrôle microbiologique. Une galerie se compose de 20 micro-tubes contenant un substrat déshydraté pour réaliser 20 tests biochimiques miniaturisés. On inocule chaque tube avec la suspension bactérienne à identifier, Certains des puits auront des changements de couleur résultants des différences de pH qui se traduisent par des virages colorés ; d'autres produisent des sous-produits qui doivent être identifiés avec des réactifs. Un numéro de profil est déterminé d'après la série de tests (+ et -), qui permet d'identifier l'espèce (**Derafa, 2012**).

La galerie API 20 E permet la recherche de :

- ✓ La bêta-décarboxylase (ONPG).
- ✓ L'arginine désaminase (ADH), de la lysine décarboxylase (LDC) et de
- ✓ L'ornithine décarboxylase(ODC)
- ✓ L'utilisation de citrate comme seul source de carbone (CIT)
- ✓ La présence d'une Uréase(Urée)
- ✓ Le tryptophane désaminase (TDA).

- ✓ Le tryptophanase dont le produit est l'indole (IND)
- ✓ La production d'acétoïne par la réaction de Voges-Proskauer (VP).
- ✓ La gélatinase (GEL)
- ✓ la fermentation des sucres : Glucose (GLU), Mannitol (MAN), Inositol (INO), Sorbitol (SOR), Rhamnose (RHA), Saccharose (SAC), Melibiose (MEL), amygdaline (AMY), arabinose (ARA) (Torres, 2012).

↳ **Mode opératoire :** L'opération s'effectuée selon les étapes suivantes :

- Réunir fond et couvercle d'une boîte d'incubation et répartir environ 5 ml d'eau distillée dans les alvéoles pour créer une atmosphère humide.
- Remplir tubes et cupules des tests : |CIT |, |VP |, |GEL|, avec la suspension bactérienne.
- Remplir uniquement les tubes (et non les cupules) des autres tests.
- Créer une anaérobiose dans les tests : ADH, LDC, ODC, URE, H<sub>2</sub>S en remplissant leurs cupules avec l'huile de paraffine.
- Refermer la boîte d'incubation, coder et placer à 37 °C pendant 18-24 heures

↳ **Lecture :** Noter sur la fiche de résultat toutes réactions spontanées. Si le glucose est positif et/ou si 3 tests ou plus sont positif : révéler les tests nécessitant l'addition de réactifs.

- Test VP : ajouter une goutte de réactif VP1 et VP2. Attendre au minimum 10 minutes. Une couleur rose franche ou rouge indique une réaction positive.
- Test TDA : ajouter une goutte de réactif TDA. Une couleur marron foncée indique une réaction positive.
- Test IND : ajouter une goutte de réactif de Kovacks. Un anneau rouge obtenu en 2 minutes indique une réaction positive.

- La lecture de ces réactions se fait selon le profil numérique à l'aide du catalogue analytique API 20E (Sayad, 2008)



**Figure 25:** Photos d'une galerie API 20E [19].



# Chapitre V

## **V. Résultats et discussion**

Les eaux souterraines ont pendant longtemps, été synonymes « eaux propres» répondant naturellement aux normes de potabilité. Elles sont en effet moins sensibles aux pollutions accidentelles, néanmoins, de nombreuses nappes sont influencées par la qualité des eaux de surface (Armand, 1996).

### **1. Paramètres organoleptiques**

L'eau de la source est toujours limpide, ceci indique probablement l'absence des ions métallique fer ferreux ( $Fe^{2+}$ ) et fer ferrique ( $Fe^{3+}$ ), qui sont les facteurs principaux du changement de la couleur d'eau, voire aussi les divers colloïdes [20].

Les eaux analysées des deux sources (Ain Souda et Ain Djemel) sont claires et ne présentent ni mauvaises odeurs ni mauvais goût .c'est pourquoi les populations pensent qu'elles sont potables.

### **2. Résultats des analyses physico-chimiques "in situ"**

#### **2.1. Température (°C)**

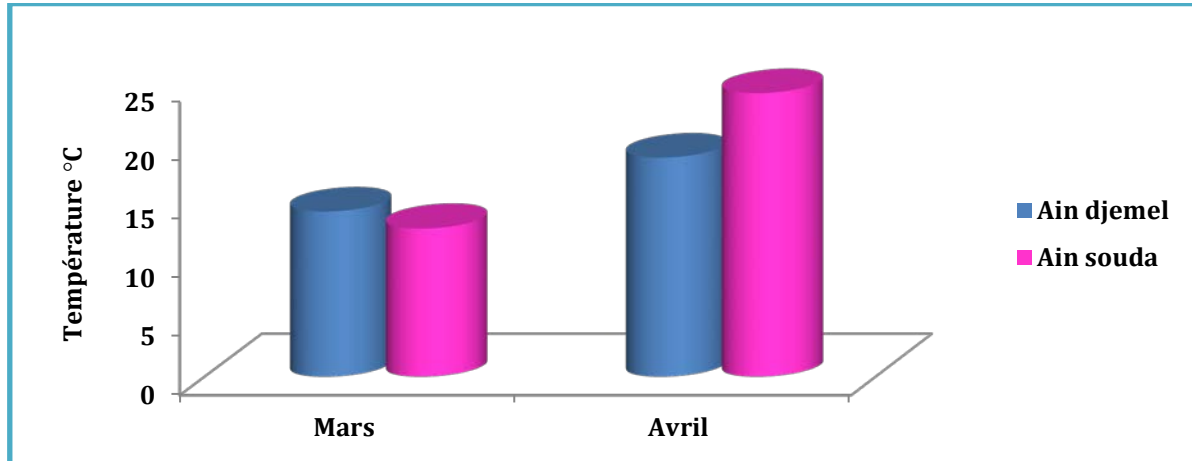
La température de l'eau est un paramètre très important, elle joue un rôle dans l'augmentation des activités chimiques, bactériennes et de l'évaporation de l'eau.

Elle varie en fonction de la température de l'air, les saisons et de la profondeur du niveau d'eau par rapport à la surface du sol.

L'OMS affirme qu'une eau est agréable à boire, lorsqu'elle est fraîche. En se référant aux directives de l'OMS qui recommande que la température optimale d'une eau d'alimentation est à 25°C (Saoud, 2014).

D'après les résultats (Fig. 26), la température minimale de l'eau est enregistrée à Ain Souda en mois de mars avec 12.7°C. Par contre la température la plus élevée est de 24.2°C notée en mois d'avril à la même source. Cette variation est souvent lié à la température ambiante et elle augment vers la fin de l'étude, sachant que les eaux souterraines ne sont pas assez profondes.

Selon **Rodier (1984)** cette augmentation est influencée par les conditions environnementales liées à la situation géographique de la localité, la géologie des terrains traversés, l'hydrologie de l'écosystème et surtout le climat régnant.



**Figure 26:** Variations de la température des eaux des deux sources.

## 2.2. Potentiel d'Hydrogène (pH)

Ce paramètre mesure la concentration des protons  $H^+$  contenus dans l'eau et donc l'acidité ou l'alcalinité de l'eau sur une échelle logarithmique de 0 à 14. Il influence la plupart des mécanismes chimiques et biologiques dans les eaux. Habituellement, les valeurs du pH se situent entre 6 et 8,5 dans les eaux naturelles (**Chapman et al., 1996**).

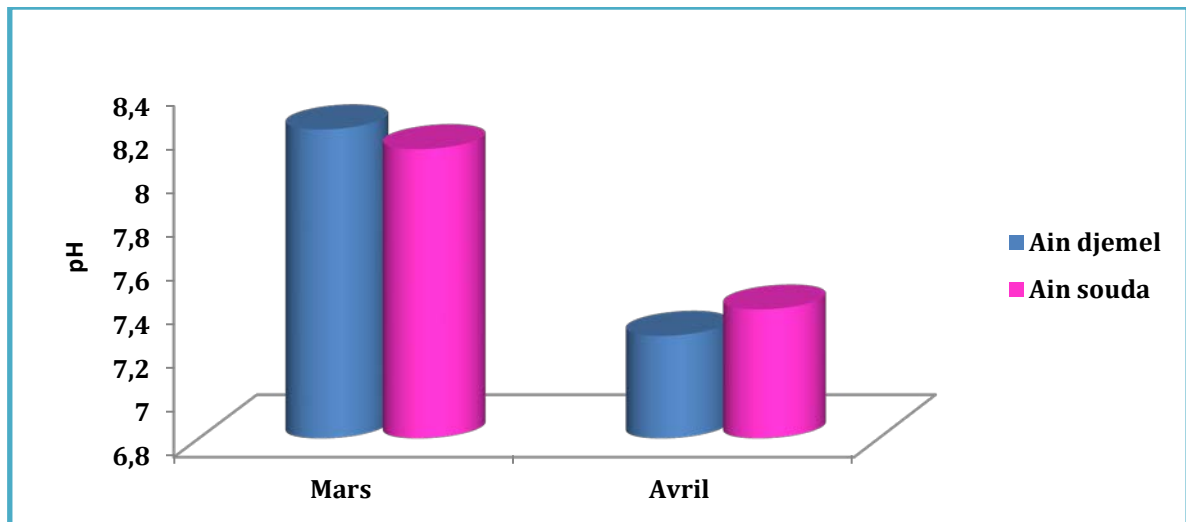
Ils dépendent de la conductivité : les eaux les plus minéralisées ont un pH élevé dans les eaux naturelles il dépend de la nature géologique des terrains traverses.

Le pH est un facteur qui influence énormément la cinétiques des réactions chimiques (ammonification ; nitrification ; dénitrification) .La dénitrification est complète lorsque le pH est supérieur à 7 avec une vitesse de réaction optimale au pH 8 à 10.

D'après les résultats (**Fig. 27**), le pH de la source Ain Souda est de 8,12 et la source Ain Djemel est de 8,21 dans le mois de mars. Nous avons aussi observé une faible diminution du pH dans les deux sources en avril. Mais, ces valeurs restent toujours conformes à la norme algérienne préconisée par le JORA N°11-125 (**2011**) qui est  $6.5 \leq \text{pH} \leq 9$ .

La diminution du pH peut résulter de l'activité bactérienne et de la décomposition de la matière organique (Neal *et al.*, 2000).

La grille d'appréciation de la qualité de l'eau du ministère algérien des ressources en eau, nous permet de conclure que la qualité de l'eau Ain Souda et Ain Djemel est bonne puisque elle comprise entre 6.5 et 8.5.

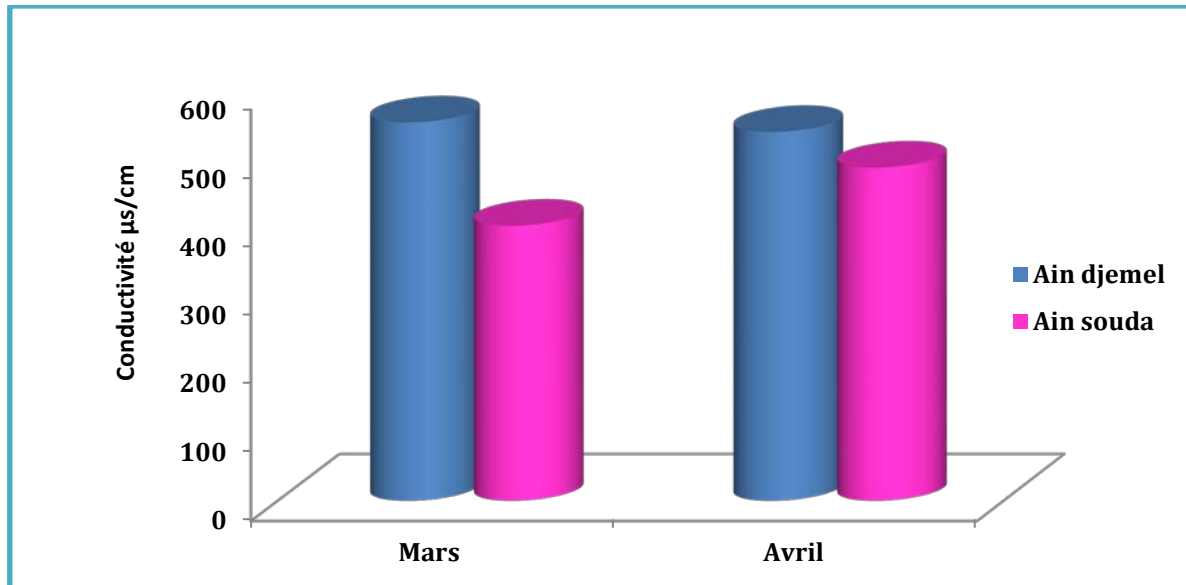


**Figure 27:** Variations du pH des eaux des deux sources.

### 2.3. Conductivité électrique (CE)

La mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau (Rodier, 2005).

La figure 28 montre que l'eau des deux sites d'étude ont une conductivité qui varie de 401  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à 486  $\mu\text{S}/\text{cm}$  dans la source d'Ain Souda respectivement en mars et avril. Par contre elle varie à Ain Djemel de 538  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à 552  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en avril et mars. Tous ces valeurs restent conformes à la norme algérienne indiquant une valeur seuille de 2880  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à 20°C.



**Figure 28:** Variation de la conductivité des eaux des deux sources.

#### 2.4. Oxygène dissous ( $O_2$ )

L'oxygène présent dans l'eau est le résultat des échanges entre l'atmosphère et la surface de l'eau ainsi que l'activité photosynthétique. Il est un facteur important pour la prolifération des micro-organismes (Alzieu, 1989).

En mois de mars, la valeur de l'oxygène dissous enregistrée à Ain Djemel (0,5mg/l) est supérieure à celle de Ain Souda (0,40mg/l). Mais en avril, le contraire est observé : la valeur la plus élevée est enregistrée à Ain Souda (0,13mg/l), et à Ain Djemel et à l'ordre de 0,1mg/l.

La solubilité de l'oxygène dans l'eau est fonction de l'altitude, de la température et de la minéralisation de l'eau. La saturation en  $O_2$  diminue lorsque la température et l'altitude augmente.

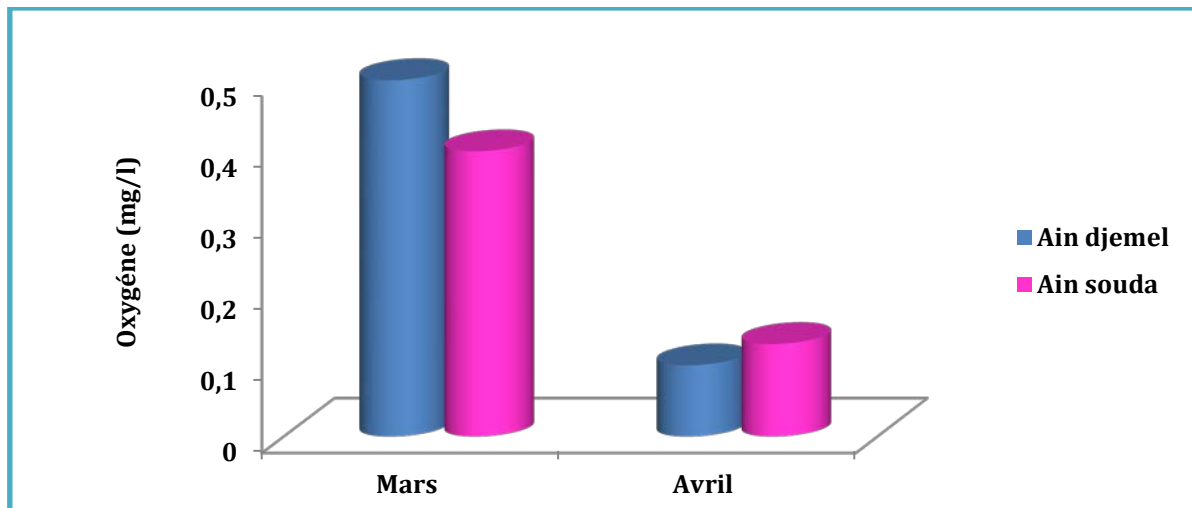


Figure 29: Variation de l'oxygène des eaux des deux sources.

### 2.5. Salinité

La salinité désigne la concentration de sels minéraux dissous dans l'eau. L'eau est dite douce lorsque sa salinité est inférieure à 01g/l [21]. Nos résultats confirment cette règle, puisque on a trouvé zéro g/l de sels minéraux dissous.

## 3. Résultats de l'analyse bactériologique

Les résultats des analyses bactériologiques des échantillons d'eau ont été présentés et obtenus sous forme de tableaux exprimant les variations entre les différents paramètres étudiés (Voir annexe 01).

### 3.1. Germes totaux

Les résultats de la recherche et le dénombrement des germes totaux dans les deux sources Ain Djemel et Ain Souda durant la période d'étude sont présentés dans le tableau 03 (Annexe 01).

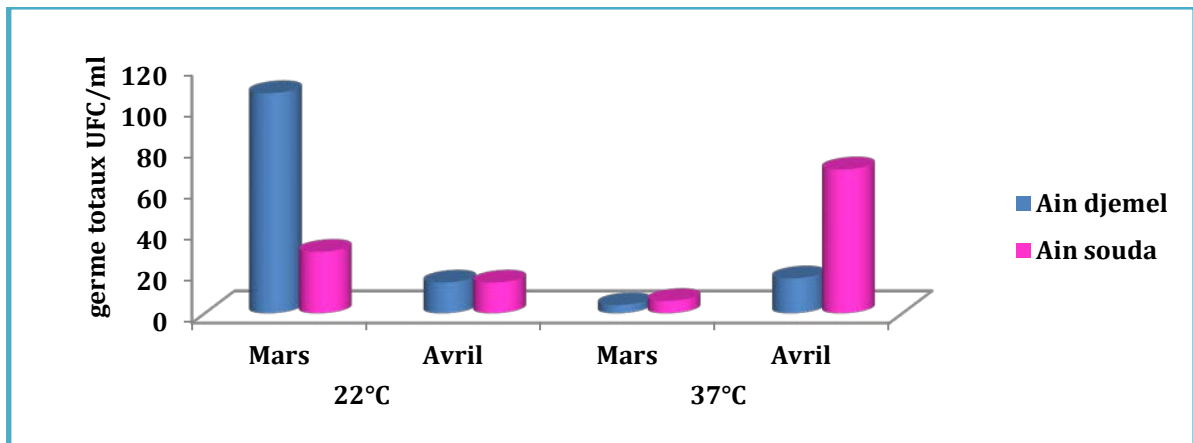
La concentration de germes totaux fluctue considérablement au niveau des deux sources d'eau au cours de toute la période de l'étude. Ces variations sont dues au fait que les deux sites sont exposés à diverses sources de contamination qui diffèrent d'un endroit à l'autre.

Les taux les plus faibles (04 UFC/ml) ont été notés pour l'eau prélevée en mois de mars (voir annexe 01), au niveau de la source d'Ain Djemel et à une température d'incubation de 37°C.

Cet abaissement pourrait être le résultat du phénomène de dilution survenu après les chutes de pluie et à l'exposition à des températures de l'eau très basses.

Les taux les plus élevés ont été mesurés dans l'eau prélevée sur le même site et pendant le même mois, mais à une température d'incubation de 22°C (**Fig. 30**).

Ils restent toutes fois dire que l'eau analysée reste conformes aux normes prescrites par la réglementation algérienne ( $\leq 10$  germes par ml à 37°C et  $\leq 100$  germes par ml à 22°C), sauf pour l'échantillon prélevé à Ain Djemel en mois de mars et incubé à 22°C, qui a légèrement dépassé la norme (107 UFC/ml).



**Figure 30:** Variations des nombres des germes totaux des eaux des deux sources.



**Figure 31:** Multiplication des germes totaux sur gélose TGEA.

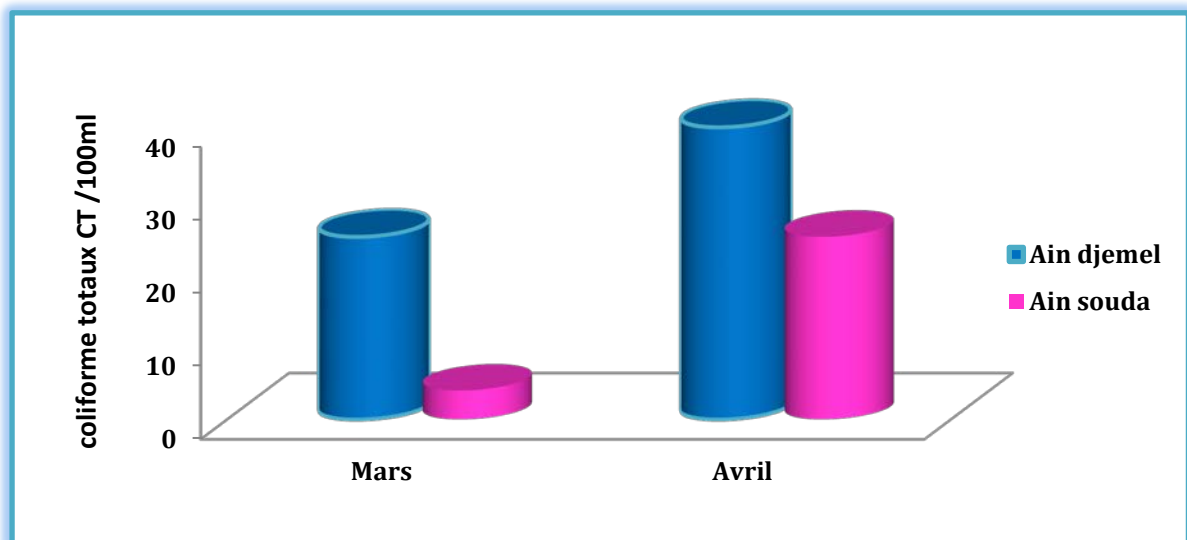
### 3.2. Coliformes totaux

Les coliformes totaux constituent un groupe hétérogène de bactéries d'origine fécale et environnementale.

La variation du nombre des bactéries dans les différents sites de prélèvement situés sur deux sources Ain Djemel et Ain Souda sont illustrés dans la figure 33 ci-dessous et le tableau 04 (annexe 01).

En ce qui concerne la source Ain Djemel, nous observons une concentration égale à 25 CT/ml pendant le mois de mars et une augmentation en avril à 40 CT/ml (Fig. 32). Pour la source Ain Souda, la concentration de coliformes totaux en mars est faible à (4 CT/ml) mais elle augmente en avril à 25(CT/ml).

Le nombre des coliformes totaux augmente en avril. Cela peut être dû à la présence des matières organiques et l'élévation de la température qui accélère la multiplication et le développement des microorganismes. Par contre, leur présence est faible en mars période froide et cette diminution est due probablement à la dilution des eaux par un apport par des eaux pluviales.



**Figure 32:** Variations des nombres des coliformes totaux des eaux des deux sources.





**Figure 33:** Tubes positifs par les coliformes totaux dans les deux sources.  
a : Milieu BCPL négatif b : Milieu BCPL positif

### 3.3. Coliformes fécaux

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 de pathogènes entériques. Toute eau contenant ces bactéries ne doit pas être consommée [22].

Selon l'OMS (1997), les coliformes fécaux sont des indicateurs de contamination fécale des eaux. On les retrouve dans les eaux d'égouts ainsi que dans toutes les eaux naturelles et les sols ayant subi une contamination fécale récente.

*Escherichia coli* est le type de coliforme d'habitat fécal exclusif, sa recherche est donc extrêmement importante. L'évolution du nombre de coliformes fécaux dans deux sources Ain Djemel et Ain Souda est présentée dans le Tableau 05 (annexe 01) et la Figure 35.

Selon nos résultats (Fig. 34), la concentration de coliformes fécaux dans la source d'Ain Djemel est de 04 (CF/100ml) pendant le mois de mars et de 09 (CF/100ml) en avril. Pour la source d'Ain Souda, en mars nous avons rien trouvé mais en avril, on dénombré 04 (CF/100ml).

Cette variation des nombres de coliformes est due probablement aussi à cause des périodes sèches et pluvieuses. De plus, la présence de ces germes au niveau de la source d'Ain

Djemel est suite aux activités de l'élevage et à la présence de nombre important d'oiseaux qui se trouvent quotidiennement près de la source.

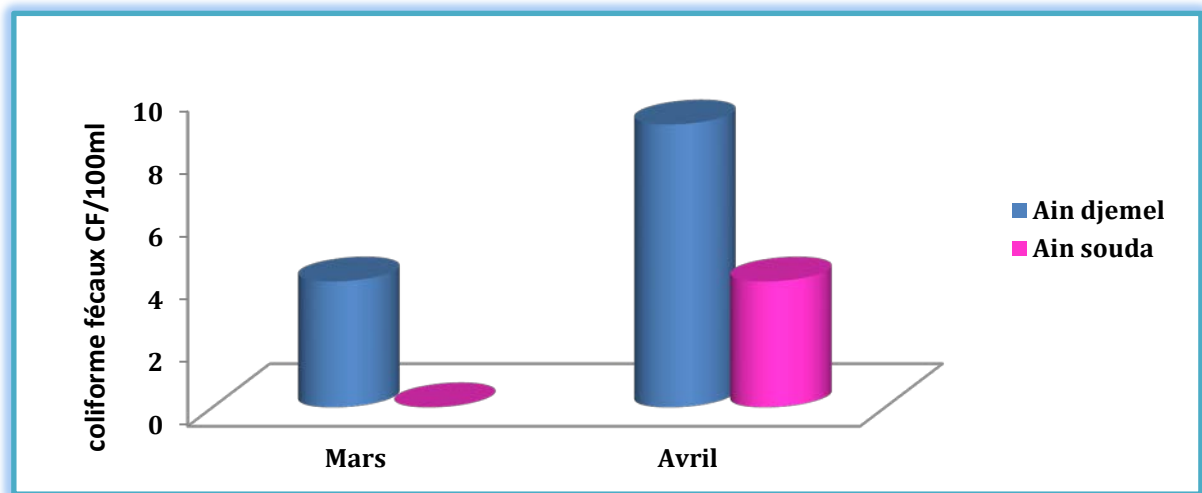


Figure 34: Variations des nombres des coliformes fécaux des eaux des deux sources.



Figure 35: Tubes positifs des coliformes fécaux présent dans les deux sources.  
a et b : Milieu BCPL positifs.

### 3.4. Streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux sont considérés comme des indicateurs spécifiques de contamination fécale. Ils se multiplient rarement dans l'environnement et résistent mieux aux conditions défavorables que les coliformes (**Gantzer et al., 1998**).

Le dénombrement de ces derniers à présenté un résultat nul (**Fig. 36**) dans les sources (Ain Djemel et Ain Souda).



**Figure 36:** Tube négatif des streptocoques fécaux

### 3.5. Résultat de l'origine de la contamination fécale

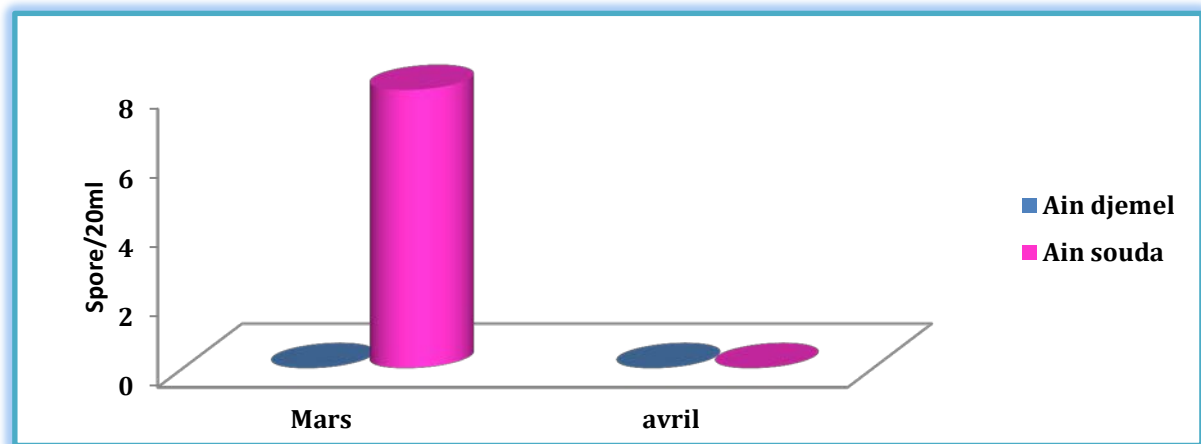
Le rapport CF/SF a été utilisé en 1969 par Geldreich et Kenner où un ratio supérieur à 4 indique une origine humaine, tandis qu'une valeur plus petite que 0,7 montre une origine de pollution animale. Dans notre cas et suite à un résultat négatif pour la recherche des streptocoques (**Annexe 01**), on ne peut pas calculer ce rapport.

### 3.6. Spores anaérobies sulfito-réducteurs (ASR)

Les spores des ASR constituent généralement des indices de contamination ancienne (**Rejsek, 2002**).

Pour les spores des ASR, les résultats obtenus sont négatifs pour l'eau de source d'Ain Djemel, pendant toute la période d'étude. Aussi on a constaté une absence totale Sulfito-réductrices (*Clostridium sp*) dans la source d'Ain Souda durant le mois d'avril, mais

une présence de 08 ASR/20ml à été enregistré en mois mars (**Fig. 37**). Cette présence est due à la présence de la matière organique dans cette période.



**Figure 37:** Variations du nombre des spores des ASR.



**Figure 38:** Présence des ASR dans le milieu viande foie

#### 4. Caractères morphologiques et coloration de Gram

Dans l'unique but de recherche les germes pathogène, on a effectué sur plusieurs milieux de culture, en utilisant de nombreuses méthodes. Les résultats obtenus des aspects macroscopiques et microscopiques des colonies bactériennes isolées sont résumés dans le (**Tab. 10**) et illustrés dans les figures suivantes.



Figure 39: Milieux utilisés pour la recherche des germes pathogènes.

Tableau 10: Caractères macroscopiques et microscopiques des colonies bactériennes isolées des eaux des deux sources (Ain Djemel et Ain Souda).

Milieux	Culture	
	Observation macroscopique	Observation microscopique
Chapman	-Petite, opaque, lisse, bombée, à contour régulier, pulvérulente, de couleur blanche.	-Cocci, groupés en amas, Gram positif.
	-Bombée, lisse, à contour régulier, jaunâtre avec virage de la couleur du milieu entourant les couloirs au jaune brillant.	-Cocci, groupés en amas, en paires, Gram positif.
GNAB	Culture négative	-
SS	Culture négative	-

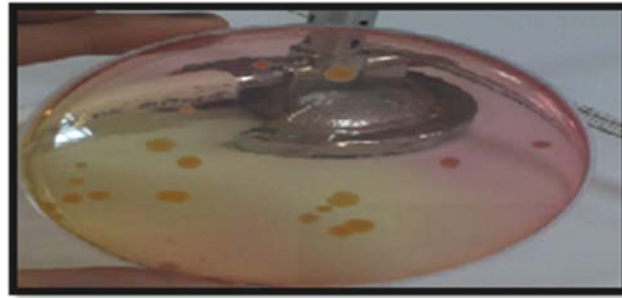


Figure 40 : Résultat de la recherche des *Staphylococcus aureus*.

## 5. Résultat de la recherche des germes pathogènes

Durant notre étude nous n'avons trouvé ni les *salmonelles* ni le *Vibrion cholérique*. Le seule germe "pathogène" identifié C'est était bien le *Staphylococcus*.

### 5.1. Résultats d'identification de *Staphylococcus*

Les résultats des différents tests effectués sur les *Staphylocoques* sont représentés dans le (Tab. 14).

L'aspect macroscopique et microscopique (coloration de Gram) des colonies isolées sur gélose Chapman sont présentées dans les figures 41.

Tableau 11: Résultats de l'identification biochimique et morphologique des *Staphylococcus*

	Ain Djemel	Ain Souda
• Catalase	+	+
• Mannitol	+	+
• Coloration de gram	Gram positive +	Gram positive +
• Coagulase	-	-

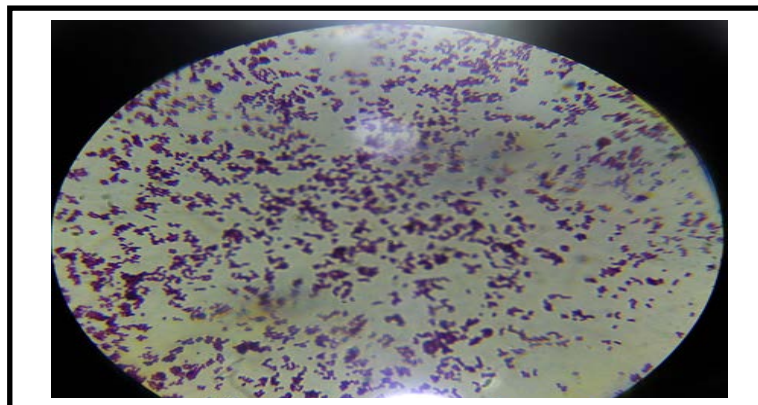


Figure 41: Résultat de la coloration de gram des *Staphylococcus*.



**Figure 42:** Résultat de la catalase positif des *Staphylococcus*.

Les tests réalisés sur les *staphylocoques* nous ont permis d'identifier des *Staphylococcus* non pathogènes (*Staphylococcus epidermidis*).

### **5.2. Identification des entérobactéries par la galerie API 20 E**

Suite aux résultats négatifs des *entérobactéries* on à pas pu réaliser l'identification par la galerie API 20 E.

# Conclusion



## **Conclusion**

L'eau constitue un élément essentiel pour l'organisme humain, et sa consommation journalière par tous implique une surveillance tant sur le plan organoleptique que physico-chimique et bactériologique.

La nature de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines est toujours meilleurs que celles des eaux de surfaces, et cela suite au non-respect de la population et des autorités locales aux règles des rejets (les eaux usées) aliment nos cours d'eau qui vont à leur tour, avec une partie, alimenter le bassin phréatiques de la wilaya de Guelma.

L'étude menée au cours de ce modeste travail a pour but d'évaluer la qualité organoleptique, physico-chimique et bactériologique de l'eau deux sources : Ain Souda et Ain Djemel, situées dans la wilaya Guelma, destinée à la consommation humaine.

Il en ressort de cette étude que :

- ✓ L'eau des deux sources est clairs ne présentent ni odeur, ni saveur.
- ✓ Les valeurs enregistrées des paramètres physicochimiques mesurés *in situ* et appliqués sur nos échantillons, exhibent que ces eaux sont bonnes et propre à la consommation. Ils sont caractérisés par un pH neutre et une conductivité normale.
- ✓ Du point de vue bactériologique les résultats obtenus montrent l'absence des streptocoques fécaux, et aussi l'absence des germes pathogènes (*Salmonelle*, *Vibrion cholérae*, *Staphylococcus aureus*), mais avec un faible taux des germes totaux, coliformes totaux et fécaux et les *Clostridium sulfito réducteurs*.

Les résultats obtenus confirment la bonne qualité organoleptique, physicochimique et bactériologique de l'eau des deux sources susvisée, et assurent les consommateurs contre les risques des maladies à transmission hydriques.

Cette étude ne peut en aucun cas être considérée comme un bilan définitif pour l'évaluation de la qualité de ces eaux, pour cela, Il faut respecter certaines règles d'hygiène :

- ◆ Augmenter le sens de conscience publique vis-à-vis la protection des ressources hydriques.
- ◆ Appliquer les consignes de l’OMS qui disent que pour chaque source, faut avoir un périmètre de protection d’au moins 150 mètre, 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**

**A**

**Abdelbaki C. et Boukli H. F. (2007).** Etude du phénomène de dégradation des eaux souterraines du groupement urbain de Tlemcen. *Revue des Energies Renouvelables Vol. 10 N°2 (2007) 257 – 263.*

**Ahonon A S. (2011).** *Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de surface dans les zones montagneuses du sud-ouest du TOGO : cas du Canton de la vie,* Mémoire de Master international en Environnement eau et santé, Université de Lome, TOGO.42p.

**Alizieu C. (1989) :** L'eau milieu de culture. In aquaculture. 2<sup>ème</sup> Ed *Tec et Doc*, Tome 1, édition *C.N.E.X.O*, Franc. 395p.

**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, 49p.

**Anonyme. (2001).** Opinion of the Scientific Committee on Veterinary Measures related to Public Health on *Vibrio vulnificus* and *Vibrio parahaemolyticus* (in raw and undercooked seafood). European Commission. Directoral C- Scientific Opinions. C2-Management of scientific committees; scientific cooperation and networks.

**Aouissi A. (2009).** *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. Université du 08 Mai 1945, Guelma.141p.

**Arjen V.D.W. (2010).** Connaissances des méthodes de captage des eaux souterraines :Souterraines aux forages manuels, Un manuel d'instruction pour les équipes de forage manuel sur l'hydrogéologie appliquée, l'équipement et le développement des forages, Fondation PRACTICA, Oosteind. 49p.

**Armand L. (1996).** Mémento technique de l'eau. Edition. *Tec et Doc.*37p.

**B**

**Ballouki K. (2012).** *Etude de la qualité physicochimique et biologique de trois sources dans la région de midelt( haute moulouya).* Mémoire de master. Université Sidi Mohammed Ben Abdellah. 56p.

**Benmarce K. (2007).** *Caractéristiques physico-chimiques et isotopiques des eaux souterraines dans la région de guelma (N-E algérien).* Thèse de Magister, Université Badji Mokhtar, Annaba.

**Bertrand G. (2008).** Utiliser l'eau de pluie. Editions. *Eyrolles*.130 p.

**Bhatia R. et Falkenmark M. (1992).** Water resource policies and the urban poor: innovative approaches and policy imperatives. Document d'information, ICWE, Dublin, Irlande.

**Bouhy P. et Thierry Denies M. (2007).** L'eau du robinet, un partenaire sante incontournable, Union *Professionnelle des Diététiciens de Langue Française*.

**Bouleknafet Z. et Derradji E. (2017).** Hydrogéologie et vulnérabilité à la pollution des ressources en eau dans la plaine du Kebir Ouest. *Rev. Sci. Technol.*, Synthèse 34: 85 -94.

**Boumediou F Z. Fekih M. (2014).** *Etude de la qualité de l'eau (exquise) destinée à l'irrigation des terres d'El Fehoul,* Mémoire de master. Université d'Abou Bekr Blekaid, Tlemcen.87p.

**Bonnin J. (1982).** Aide mémoire d'hydraulique urbaine. Edition. *Eyrolles*, France. P:126.

**Boris B. (2010).** *Analyse comparée des qualités microbiologique et physico-chimique des eaux de pluie stockées dans des citernes en Ferro ciment : Cas des impluviums de DORI,* Mémoire de master. Institut nationale d'ingénieure de l'eau et de l'environnement.54p.

**Bourdon J L et Marchal N. (1981).** Technique bactériologique. *DOIN*.335p.

**Bourgeois C M. et Leveau J Y. (1980).** Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaire, T3. *Apria*. 331p.

**Bou Saab H. Nassif N. El Samrani A G. Daoud R. Medawar S et Ouaini N. (2007).** Suivi de la qualité bactériologique des eaux de surface (rivière Nahr Ibrahim, Liban). *Revue des sciences de l'eau. Vol. 20, n° 4, p. 325-424.*

**Bouziati M. (2000).** L'eau de la pénurie aux maladies. édition. *Ibn Khaldoun*, Oran, Algérie. 247p.

**Bremond R et Perrodon C. (1979).** Paramètres de la qualité des eaux, 2ème édition. Ministère de l'environnement et du cadre de vie. 259p.

## C

**Centre d'Information sur l'Eau (CIE). (2013).** Le cycle naturel de l'eau, le mercredi 7 août 2013, 6p.

**Chambeaud F. (2012).** Thèse : *Les staphylocoques en pathologies cutanée chez le chien : connaissances actuelles.* Université Claude-Bernard - Lyon I.

**Chaoui W, Bousnoubra H, Benhamza M et Bouchami T.** Etude de la pollution des eaux des oueds Seybouse et Mellah (Region de l'Est Algerien). *Rev. Sci. Technol., Synthèse 26: 50- 56 (2013).*

**Chapman T. Choffat Y. Lucas W. Kubli E. Partridge L (1996).** Lack of response to sex-peptide results in increased cost of mating in dunce *Drosophila melanogaster* females. *J. Insect Physiol.* 42(11-12): 1007--1015.

**Charles P. et Maurice R. (1997).** Élément de géologie. 11<sup>ème</sup> édition, *Masson*. P:523.

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

**Conseil interministériel fédéral de formation sur la qualité de l'eau: CIFFQE. (2011).** Qualité de l'eau 101 : Introduction aux microsystèmes d'approvisionnement en eau potable, Canada, 138P.

**Coulibaly K. (2005).** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako, thèse de doctorat. Université Bamako. 42p.

**D**

**Dajoz R. (2000).** Précis D'écologie : Cours Et Exercices Résolus. 7<sup>ième</sup> édition. *Dunod*, Paris. 613p.

**Dégrément. (1998).** Mémento technique de l'eau. 8<sup>ème</sup> édition *Tec et Doc*, Paris. 986p.

**Delarras C. et Trebaol B. (2003)** .Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux: Réglementation - prélèvements - analyses. *TEC & DOC*. 269p.

**Delarras C. (2007).** Microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyses ou de Contrôle sanitaire. Edition Techniques et Documentation, *Lavoisier*, Paris 476p.

**Délarras C. (2008).** Surveillance sanitaire Et Microbiologique des eaux Règlementation-Prélèvements-Analyses. *TEC & DOC*. 269p.

**Derafa C. (2012).** *Travaux pratiques de systématique bactérienne*, Mémoire. Université Farhat Abbas sétif.

**Direction générale des ressources naturelles et de l'environnement DGRNE. (2006).** La qualité de l'eau de distribution. Université Bruxelles.

**D.P.A.T. (2008).** Direction De La Planification Et De l'Aménagement Du Territoire. Rapport Interne, Monographie De La wilaya De Guelma. 36 p.

**E**

**Elmorhit M. (2009).** *Hydrochimie, éléments traces métalliques et incidences écotoxicologiques sur les différentes composantes d'un écosystème estuarien (Bas Loukkos)*. Thèse de doctorat. Université Mohammed V. Agdal, Rabat, 232p.

**Emsalem R. (1986).** Climatologie Générale. Edition. *I.P.E.N.A.G*. Tome 1. 198p.

**F**

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

**Francois A. (2017).** L'eau et ses enjeux. 2<sup>ème</sup> édition *deboeck supérieur*. 237p.

**G**

**Gantzer C., Lucena F., Schwartzbrod L., et Jofre J. (1998).** Virologie. *Vol 2, numéro 2. 117p.*

**Génin B. Chauvin C. Menard F. (2003).** Cours d'eau et indices biologiques : pollution, méthodes, IBGN, 2ème édition. *DIJON, ENESAD, CNERTA. 221 p.*

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

**H**

**Hade A. (2003).** Nos Lacs: Les Connaitre Pour Mieux les Protéger. Éditions. *FIDES. 359 p.*

**Harlye J P. Klein D A et Prescott Lansing M. (2010).** Microbiologie, 3ème édition. *Boeck. 1216 p.*

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

**I**

**Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement: IBGE. (2005).** L'eau à Bruxelles. Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface: cadre générale.

**Institut National de Santé Publique du Québec: INSPQ. (2010).** Fiches Synthétiques sur l'Eau Potable et la Santé Humaine. Direction de la santé environnementale et de la toxicologie.

**ISO 6222 : 1999 :** Qualité de l'eau - Dénombrement des microorganismes revivifiables - comptage des colonies par ensemencement dans un milieu de culture nutritif gélosé.

**J**

**Joffin J J-N et Leyrol G. (2001).** Microbiologie Technique 1 : dictionnaire des techniques. 3 ième éditions. *CRDP d'Aquitaine. 320p.*



**J.O.R.A. (2011).** Journal Officiel de la République Algérienne : Décret exécutif n° 11-125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine.

**L**

**Labres et Mouffok F. (2008).** Le cours national d'hygiène et de microbiologie des eaux de boisson. Manuel des travaux pratique des eaux. Institut Pasteur d'Algérie. 53p.

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

**Lebres E. (2006).** Manuel des travaux pratique : analyse des eaux, Institut Pasteur d'Algérie. 60p.

**Leminor L et Veron M. (1989).** Bactériologie Médicale. Flammarion Médecine Sciences. 845p.

**Lightfoot N F. (2002).** Analyses microbiologiques des aliments et de l'eau. Directives pour l'assurance qualité. 387 p.

**M**

**Mark N. (2009).** L'eau source de vie. Editions *Gründ*, paris.192p.

**Mazzuoli L.S. (2012).** La gestion durable de l'eau : Ressources. Qualité. Organisation. Edition. *Dunod*, Paris. 256P.

**Menant G., Oria M. et Raffin J. (1984).** Anatomie, physiologie, hygiène, 3ème élément de Médecine Tropicale.

**Mercier J. (2000).** Le grand livre de l'eau. Edition: *la reconnaissance du livre*. Collecte art de livre.91p.

**Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements climatiques MDDELCC (2014).** Signification environnementale et méthode d'analyse des principaux paramètres de la qualité de l'eau.

**Minor L. et Richard C. (1993).** Méthodes de laboratoire pour l'identification des Entérobactéries. Commission des laboratoires de références et d'expertise de l'institut Pasteur, *Institut Pasteur*, Paris, France. 218 p.

**Mohamed Ben Ali R. (2014).** *Evaluation de la pollution des eaux issue de la zone industrielle de Skikda.* Mémoire de Magister. Université Constantine 1.110p.

**Mokdadi H. Messai Ahmed N. (2015).** *Contribution à l'étude de la qualité physicochimique et bactériologique des quelques zones humides de la wilaya d'El-oued (cas du lac Ayata, chott Marouan, lac sif El-Menadi et chott Halloufa),* Mémoire de master. Université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued.115p.

## N

**Neal C., Harrow M., et Wickham H. (2000):** The water quality of a tributary of the thames, the Pang, southern England. *Sci. Total Environ.* 251-252: 459-475.

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

**Nebia M. (2005).** *La corniche oranaise cas des plages d'Ain El Turck, de Bou sfer et de Maddagh,* Mémoire de magister. Université d'Oran Es Senia.94p.

## O

**OMS. (1997).** Organisation Mondiale de la Santé Directives de qualité pour l'eau de boisson. Deuxième édition, Additif au *Vol I – Recommandations.* Genève. 48p.

**Organisation for Economic Co-operation and Development,OECD,Organisation for Economic Co-Operation and Development Staff. (2008).** La performance environnementale de l'agriculture dans les pays de l'OCDE depuis 1999 : 657p.

## P

**Payment P. et Pintar K. (2006).** Microorganismes pathogènes transmis par la voie hydrique : une évaluation critique des méthodes, des résultats et de leur interprétation, *Revue des sciences de l'eau, vol. 19, no 3, p. 233-245.*

**R**

**Rejsek F. (2002).** Analyse des eaux ; aspects règlementaires Et techniques. *Sceran*. Paris. 360p.

**Robinson R.K., Batt C.A. et Patel P.D. (2000).** Encyclopedia of Food Microbiology.

**Rodier. (1984).** Analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 7<sup>ème</sup> édition. *Dunod*, Paris. 1365 p : 08 - 101-112.

**Rodier J. (2005).** L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 8<sup>ème</sup> édition. *Dunod*, Paris. 1383p.

**Rodier J., Legube B. et Merlet N. (2009).** L'analyse de l'eau, 9<sup>ème</sup> édition, *Dunod*. Paris 1579p.

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

**S**

**Sandja T.J. (2012).** *Contribution à l'étude de la qualité hygiénique de l'eau de boisson vendue en sachet dans les différents lieux publics de la ville de Kisangani : Cas de la commune de Mangobo.* Mémoire master. Université de Kisangani.

**Saoud I. (2014).** *Contribution à l'étude hydrochimique de la nappe du Sénonien dans la région de Guerrara (Ghardaïa),* Mémoire de master. Université Kasdi Merbah, Ouargla. 42p.

**Sari H. (2014).** *Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source «Attar » (Tlemcen),* Mémoire de master. Université Abou-Bekr Belkaid, Tlemcen. 65p.

**Sayad L. (2008).** *Qualité physico-chimique et bactériologie des eaux de l'écosystème lacustre Lac des Oiseaux (wilaya de Taraf).* Mémoire de Magister. Université Badji Mokhtar Annaba.

**Soudani S. (2016).** *Evaluation et caractérisation de l'eau potable dans différents quartiers de la ville de Biskra.* Mémoire de Master. Université Mohamed Khider – Biskra. 83p.

**Stéphanie P. (2013).** *La qualité de l'eau de la ressource au robinet : proposition d'une méthodologie pour l'identification de situations à risque à l'échelle du bassin versant*, Thèse de doctorat. Université Rennes 1.Français. 321p.

**T**

**Tazi S.H. (2007).** Du droit de l'eau au droit à l'eau au Maroc et ailleurs. Edition. *EDDIF*. Casablanca 473p.

**Tfyeche L. (2014).** *Suivi de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux usées d'Ouargla au cours de leur traitement*, Mémoire de master. Université Kasdi Merbah, Ouargla.46p.

**Torres C. (2012).** *L'effet du repiquage de klebsiella pneumoniae blse sur les caractères morphologiques, biochimiques et sensibilité aux antibiotiques*, thèse de doctorat. Université Mohamed V Souissi Rabat.

**V**

**Vilaginès R. (2010).** Eau, environnement, et santé publique (introduction à la l'hydrologie). 3<sup>e</sup> édition. *Lavoisier*. 217p.

**Z**

**Ziani D. (2017).** *Quantification de la pollution anthropique des eaux souterraines de l'aquiferr de Ain Djasser. Est Algerien*. Thèse de doctorat. Université Ben Boulaïd-Batna 2. 145.

### Site web

[1]: [sossociences.free.fr/Cours%20et%20devoirs/Cours%202nd/10%20L%20eau.pdf](http://sossociences.free.fr/Cours%20et%20devoirs/Cours%202nd/10%20L%20eau.pdf) consulté le [23/04/2018 à 20 :08].

[2]: <http://www.eau-poitou-charentes.org/Qu-est-ce-qu-une-eau-pluviale,776.html>. Consulté le [03/06/2018 à 12 :18].

[3]: [www.lausanne.ch/...eau/...eau/.../Info\\_04\\_La%20composition%20de%20l'eau.pdf](http://www.lausanne.ch/...eau/...eau/.../Info_04_La%20composition%20de%20l'eau.pdf) consulté le [22/04/2018 à 10 :55].

[4]: <https://www.spa.be/files/download-overlay/kindergarten/fr-BE/4.pdf> consulté le [18/02/2018/ à 23 :00].

[5]: <https://www.pasteur.fr/fr/centre-medical/fiches-maladies/fievres-typhoide-paratyphoide>. Consulté le [07/06/2018 à 13:27].

[6]: [http://le-nobel-des-lyceens.livehost.fr/pages/consultation\\_resume/RESUME\\_AFFICHAGE\\_blank.php?r\\_id=27&u\\_id=72](http://le-nobel-des-lyceens.livehost.fr/pages/consultation_resume/RESUME_AFFICHAGE_blank.php?r_id=27&u_id=72). Consulté le [11/06/18 à 13 :49].

[7]: [http://santecheznous.com/condition\\_info\\_details.asp?channel\\_id=0&relation\\_id=0&disease\\_id=232&page](http://santecheznous.com/condition_info_details.asp?channel_id=0&relation_id=0&disease_id=232&page) consulté le [08/03/2018 à 14:14].

[8]: [http://www.bacteriainphotos.com/vibrio\\_cholerae\\_micrograph.html](http://www.bacteriainphotos.com/vibrio_cholerae_micrograph.html). Consulté le [11/06/2018 à 13:50].

[9]: <http://fr.wikipedia.org/wiki/Gastro-ent%C3%A9rite>. Consulté le [08/03/2018 à 14:14].

[10]: <http://www.bacteriainphotos.com/Escherichia%20coli%20electron%20microscopy.html>. Consulté le [11/06/2018 à 14:00].

[11]: <http://www.passeportsante.net/fr/Maux/Problemes/Fiche.aspx?doc=gastroenteritepm> consulté le [02/05/2018 à 18 :38].

[12]: <https://www.anses.fr/fr/system/files/MIC2011sa0058Fi.pdf> consulté le [11/04/2018 à 15:00].

[13]: [https://www.google.dz/search?biw=1024&bih=662&tbm=isch&sa=1&ei=DZYaW-z7HcruUIaXpPAB&q=staphylococcus&oq=St&gs\\_l=img](https://www.google.dz/search?biw=1024&bih=662&tbm=isch&sa=1&ei=DZYaW-z7HcruUIaXpPAB&q=staphylococcus&oq=St&gs_l=img) consulté le [08/06/2018 à 14:20].

- [14]: <https://www.anses.fr/fr/system/files/MIC2011sa0117Fi.pdf> [consulté le 10/04/2018 à 10 :15].
- [15]: <https://digestion.ooreka.fr> › Troubles digestifs › À la loupe consulté le [10/04/2018 à 10 :15].
- [16]: [www.andi.dz/PDF/monographies/Guelma.pdf](http://www.andi.dz/PDF/monographies/Guelma.pdf) consulte le [10/04/2018 à 21:32].
- [17]: [http://stl.bgb.liberte.free.fr/microbio\\_fiches/catalase1.pdf](http://stl.bgb.liberte.free.fr/microbio_fiches/catalase1.pdf) consulté le [03/04/2018 à 16:06].
- [18]: [stl.bgb.liberte.free.fr/microbio\\_fiches/oxydase1.pdf](http://stl.bgb.liberte.free.fr/microbio_fiches/oxydase1.pdf) consulté le [10/04/2018 à 14 :59].
- [19]: <https://www.google.com/search?q=api+e20&client> consulté le [03/03/2018 à 11 :33].
- [20]: [http://www.memoireonline.com/.../m\\_Evaluation\\_-de\\_-la-qualite-des-eaux-des-puits-couverts-munis-de-pompe-dans-la-commune-de-porto-Nov](http://www.memoireonline.com/.../m_Evaluation_-de_-la-qualite-des-eaux-des-puits-couverts-munis-de-pompe-dans-la-commune-de-porto-Nov).consulté le [03/04/2018 à 13:03].
- [21]:<http://test.alloprof.qc.ca/science-et-technologie/la-terre-et-l%27espace/les-caracteristiques-generales-de-la-terre/l%27hydrosphere/la-salinite-de-l%27eau.aspx>. Consulté le [10/06/2018 à 08 :51].
- [22]: [http://www.lac-sainte-marie.com/documents/analyse\\_eau\\_interpretation.pdf](http://www.lac-sainte-marie.com/documents/analyse_eau_interpretation.pdf) consulté le [03/04/2018 à 13:05].

# Résumés

## **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 meilleur, tandis qu'elle manifeste un mécontentement envers la qualité actuelle des eaux potables.

C'est pourquoi on doit s'assurer de sa bonne qualité non seulement du côté bactériologique mais aussi de ses caractéristiques physico-chimiques et organoleptique.

Les analyses bactériologiques et physico-chimiques des deux sources, Ain Souda et Ain Djemel, ont été effectuées durant deux mois (mars/avril 2018) au niveau des laboratoires de microbiologie au sein du département de Biologie de l'université de Guelma.

Les résultats obtenus ont montrées que l'eau est bonne et acceptable conformément aux recommandations de l'OMS et le Journal Officiel Algérien, malgré la présence de faible taux des germes totaux, coliformes totaux et fécaux, mais restent toujours inférieur aux valeurs fixées par la réglementation.

**Mots clés :** Analyse physicochimique, Analyse bactériologique, Source d'Ain Souda, Source d'Ain Djemel.



### ملخص

تتميز منطقة قالمة بوجود العديد من المنابع الطبيعية، الامر الذي وفر لسكان المنطقة نوعية جيدة من المياه، في حين أنه يظهر عدم الرضا مع الجودة الحالية من مياه الشرب.

وهذا هو السبب الذي جعلنا نتأكد من جودة نوعيتها ليس فقط من الجانب البكتريولوجي ولكن أيضا خصائصها الفيزيائية والكيميائية والحسية .

أجريت التحاليل البكتريولوجية والفيزيوكيميائية للمياه المنبعين ، عين سودة وعين جمال ، لمدة شهرين (مارس / أبريل 2018) على مستوى مختبرات الأحياء الدقيقة في قسم البيولوجيا بجامعة قالمة.

وقد أظهرت النتائج أن الماء هو جيد ومقبول وفقا لمعايير منظمة الصحة العالمية والمعايير الجزائرية، على الرغم من وجود مستويات منخفضة من إجمالي البكتيريا، القولونية الكلية والبرازية، ولكن لا تزال أقل من القيمة التي حددتها المنظمة.

**الكلمات المفتاحية:** التحليل الفيزيائي الكيميائي ، التحليل البكتريولوجي ، منبع عين السودة ، منبع عين جمال.

**Abstract**

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, while it shows dissatisfaction with the current quality of drinking water.

This is why we must make sure of its good quality not only on the bacteriological side but also of its physico-chemical and organoleptic characteristics.

The bacteriological and physico-chemical analyses of the two sources, Ain Souda and Ain Djemel, were carried out during two months (March/April 2018) at the microbiology laboratories of the Biology Department of the University of Guelma.

The results obtained showed that the water is good and acceptable in accordance with WHO recommendations and the Algerian Official Journal, despite the presence of low levels of total germs, total coliforms and faecal, but still remain below the values set by regulations.

**Keywords:** Physicochemical analysis, Bacteriological analysis, water source of Ain Souda, water source of Ain Djemel.

# Annexes

## Annexes 01 : Résultats des analyses physiques et microbiologiques.

**Tableau 01:** Résultats du 1er prélèvement de mesure in situ.

Site	T° (°C)	pH	Conductivité (µs/cm)	Salinité (mg/l)	Oxygène (mg/l)
Ain Souda	12.7	8.12	401	00	0.40
Ain Djemel	14.1	8.21	552	00	0.50

**Tableau 02:** Résultats du 2<sup>ème</sup> prélèvement de mesure in situ.

Site	T° (°C)	pH	Conductivité (µs/cm)	salinité	Oxygène (mg/l)
Ain Souda	24.2	7.39	486	00	0.13
Ain Djemel	18.7	7.27	538	00	0.10

**Tableau 03:** Dénombrement des germes totaux (Résultats sont exprimés par UFC/ml).

Date prélèvement	Température (°C)	Ain Djemel	Ain Souda
07/03/2018	22	107	30
	37	04	06
18/04/2018	22	15	15
	37	17	70

**Tableau 04:** Dénombrement des coliformes totaux (Résultats sont exprimés par CT/ml).

	Mars	Avril
Ain Djemel	25	40
Ain Souda	04	25

**Tableau 05:** Dénombrement des coliformes fécaux (Résultats sont exprimés par CF/ml).

	Mars	Avril
Ain Djemel	04	09
Ain Souda	00	04

**Tableau 06:** Dénombrement des streptocoques fécaux (Résultats sont exprimés par SF/ml).

	Mars	Avril
Ain Djemel	00	00
Ain Souda	00	00

**Tableau 07:** Dénombrement des ASR (Résultats sont exprimés par SF/ml).

	Mars	Avril
Ain Djemel	00 ASR/20 ml	00 ASR/20 ml
Ain Souda	08ASR/20 ml	00 ASR/20 ml

**Tableau 08:** Table de NPP.

Nombre caractéristique			Nombre de cellules
3 Tubes de 10 ml	3 Tubes de 1 ml	3 Tubes de 0.1ml	NPP dans 100ml
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

**Tableau 09:** Caractère biochimiques des bactéries.

Test	Bactéries			
	<i>Salmonelle</i>	<i>Vibrio cholerae</i>	<i>E. coli</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>
Gaz en glucose	+		+	
H <sub>2</sub> S	+	-	-	
Lysine décarboxylase	+			
Indole	-		+	
Tryptophane désaminase (TDA)	-	-	-	-
Uréase	-	-	-	+
Saccharose lactose	-			
Oxydase		+		
Arginine dihydrolase		-		
Lysine decarboxylase		+		
ONPG	-	+		
Saccharose		+		
lactose		-	+	
Lipase		+		
Catalase		+		+
Coagulase				+
Glucose				+
Mannitol				+

**Annexes 02: Composition des colorants.****Violet de gentiane**

Gristal violet:..... 2g.  
 Ethanol à 90%: .....50ml.  
 Phénol: .....105g.  
 Eau distillée: .....100ml

**Lugol**

Iode:..... 1g.  
 Iodure de potassium:..... 2g.  
 Eau distillée:..... 100ml.

**Bleu de méthylène phéniqué**

Broyer et mélangé dans un mortier :  
 Bleu de méthylène:.....20g.  
 (Spécial pour microbiologie)  
 Acide phénique:..... 20g.  
 Alcool à 95°:.....10ml.

**Fuchsine phénique de Ziehl**

Broyer dans un mortier :

Fuchsine basique:.....	1g.
Acide phénique cristallisé:.....	5g.
Alcool à 95°:.....	10ml.

### **Annexe 03 : Composition des milieux de l'isolement des bactéries.**

**Milieu solide :** (Formule en g/l d'eau distillée)

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

Extrait de levure:.....	1 g.
Peptone de caséine:.....	5g.
Glucose:.....	1g.
Extrait de viande:.....	3g.
Agar:.....	18g.
Eau distillée:.....	1000 ml.

pH=7.

Autoclavage pendant 20 min à 120 °C.

**Milieu de Chapman :** pH = 7,4.

Composition pour la préparation d'un litre de milieu.

Peptone bactériologique:.....	10g.
Extrait de viande de bœuf:.....	1g.
Chlorure de sodium:.....	75g.
Mannitol:.....	10g.
Rouge de phénol:.....	0.025g.
Agar-Agar:.....	15g.
Eau distillée:.....	1000ml.

**Milieu viande foie (VF)**

Préparation en 2étapes :

➤ Milieu de base :

Base viande foie:.....	30g.
Glucose:.....	2g.
Amidon:.....	2g.
Agar:.....	1g.

Eau distillée: 1000ml

Dissoudre les constituants, répartir en tubes ou en flacon, Autoclavage (15min à 120 °C)

Au moment de l'emploi :

- ◆ Ajouter à 20ml de milieu de base fondé.
- ◆ Ajouter 1ml d'une solution de sulfate de sodium 5%
- ◆ Ajouter 4gouttes d'alun de fer commoniacol.

Le pH final du milieu est de 7,4 à 7,6.

### Gélose de SS «Salmonella –Shigella »

Extrait de viande de œuf:.....	5g.
Bio-polytone:.....	5g.
Sels biliars:.....	8.5g.
Lactose:.....	10g.
Citrate de sodium:.....	8.5g.
Thiosulfate de sodium:.....	8.5g.
Citrate ferrique:.....	1g.
Vert brillant:.....	0.330mg.
Rouge neutre:.....	13.5g.
pH =7	

### Gélose nutritive alcaline biliée (GNAB) :

Bactapeptone:.....	10.
Extrait de viande:.....	3g.
Chlorure de sodium:.....	5g.
Agar:.....	20g.

## Annexe 04 : Milieux liquides.

### Bouillon lactose au pourpre de Bromocrésol (BCPL) :

#### ◆ Double concentration

Peptone:.....	10 g/l.
Extrait de viande:.....	6 g/l.
Lactose:.....	10 g/l.
Pourpre de bromocrésol: .....	0.05 g/l.
Eau distillée:.....	1000 ml.
pH final =6 autoclavage à 120°C pendant 20 minutes.	

#### ◆ Simple concentration

Peptone:.....	5 g/l.
Extrait de viande:.....	3 g/l.
Lactose:.....	5g/l.
Pourpre de bromocrésol:.....	0.025 g/l.
Eau distillée:.....	1000 ml.
pH =6 autoclavage à 120°C pendant 20 minutes.	

### Milieu de Roth



◆ **Milieu simple concentration**

Peptone:.....	20g.
Glucose:.....	5g.
Chlorure de sodium:.....	5g.
Phosphate bipotassique:.....	2.7g.
Phosphate monopotassique:.....	2.7g.
Azothydrate de sodium:.....	0.2g.

◆ **Milieu double concentration**

Peptone:.....	40g.
Glucose:.....	10g.
Chlorure de sodium:.....	10g.
Phosphate bipotassique:.....	5,4g.
Phosphate monopotassique:.....	5,4g.
Azothydrate de sodium:.....	0,4g.

pH = 6.8 à 7 autoclave =15min à 20°c

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

Tryptone:.....	0,2g.
Acide glutamique:.....	0,2g.
Sulfate de magnésium:.....	0,7g.
Sulfate d'ammonium:.....	0,4g.
Citrate de sodium:.....	2g.
Tryptone oxide:.....	10g.
Mannitol:.....	7,5g.
Eau distillé:.....	500g.

**Milieu «EVA-LITSKY »**

Peptone:.....	20g/l.
Glucose:.....	5g/l.
Chlorure de sodium:.....	5g/l.
Phosphate bi potassium:.....	2,7g/l.
Phosphate mono potassium:.....	2,7g/l.
Azothydvate de sodium:.....	2,7g/l.
Ethyle violet:.....	5g/l.

pH =7

**Milieu au sélénite de sodium (SFB D/C)**

Peptone pancréatique de caséine:.....	5g.
Lactose:.....	4g.
Monohydrogénophosphate de sodium (Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> ):	10g.
Sélénite acide de sodium:.....	4g.
Eau distillée:.....	1000ml.

pH : 7

Chauffer le tube pendant 30 min.

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

Peptone trypsique :.....30g.  
NaCl :.....30.  
Eau distillée :.....1000ml.

**Annexe 05: Composition des Réactifs.**

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

Diméthyle-Amino-4 benzaldéhyde:.....50g.  
Pentanol:.....750g.  
Acide chlorhydrique pur:.....250g.

**Indole**

Peptone bactériologique:.....10g.  
Na Cl:.....5g.

**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 N°06: Normes algériennes de potabilité des eaux de consommation.

**Tableau 10:** Valeur limite et unités de la qualité bactériologiques des eaux.

Paramètre bactériologique		
Paramètre	Valeur Limite	Unité
Bactéries coliformes	0	Nbre /100ml
Escherichia Coli	0	Nbre /100ml
Bactéries sulfito-réductrices y compris les spores	0	Nbre /20ml
Germes totaux 37°C /48h	10	Nbre/ 100 ml
22°C/72h	100	Nbre/ 100 ml
Streptocoques fécaux	0	/100ml

**Tableau 11:** valeur limite et unités de la qualité physicochimique des eaux de source

Paramètre Physicochimique		
Paramètre	Valeur Limite	Unité
Température	25	°C
pH	6.5-9	Unité de pH
Conductivité à 20°C	2800 et aucun changement anormal	µS/cm
Salinité	<.g/l	g/l
O <sub>2</sub> dissous	-	mg/l

**Tableau 12:** valeur limite de la qualité Organoleptique des eaux.

Paramètre Organoleptique	
Paramètre	Limite
Couleur	Acceptable pour les consommateurs et aucun changement anormal
Odeur à 12°C	
Saveur à 25°C	