

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ 08 MAI 1945 GUELMA

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA  
TERRE ET DE L'UNIVERS

DEPARTEMENT D'ÉCOLOGIE ET GENIE DE L'ENVIRONNEMENT



## Mémoire

### Présentée en vue de l'obtention du Diplôme de Master

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

**Spécialité** : Biodiversité et Conservation des Zones Humides

#### Thème

---

**Etude de la Qualité de quelques  
Eaux de sources de la région de Guelma**

---

**Présenté par** : Khemis Mohamed Dhaya El Hak

**Devant le jury composé de :**

**Président** : Mr. HOUHAMDI MOUSSA Professeur (Université de Guelma)

**Examineur** : Mr. MERZOUG ABDELGHANI M.A.A (Université de Guelma)

**Encadreur** : Mr. ZITOUNI ALI M.A.A (Université de Guelma)

Mr. BARA Moslim Doctorant (Université d'Annaba)

**JUIN 2013**

## **Remerciements**

*Je tiens à exprimer mes sentiments de reconnaissance à toutes les personnes qui par leur aide et leur encouragement m'ont permis de réaliser ce travail dans les meilleures conditions.*

*A Monsieur **Mr Zitouni Ali** : Vous m'avez fait l'honneur de m'avoir encadré durant cette thèse. Vous m'avez toujours accueilli avec votre amabilité et simplicité habituelle. Vous avez guidé et éclairé, par vos précieux conseils, la réalisation de ce travail. Veuillez trouver, ici, l'expression de ma reconnaissance, de mon profond respect et de ma vive gratitude.*

*J'adresse mes remerciements à Monsieur **Mr Bara Mouslim**, pour avoir accepté d'en être l'un des rapporteurs de cette thèse.*

*Je suis très reconnaissant **Pr Houhamdi**, pour avoir accepté de juger ce travail en tant que rapporteur, qu'il veuille bien trouver ici l'expression de ma profonde gratitude.*

*Je voudrais également remercier **Mr Meraoug Abdel Ghani** , pour son soutien continuel et pour avoir accepté de juger ce travail en tant qu'examineur.*

*Tout mon travail s'est déroulé au **laboratoire direction de la sante** , je tiens à remercier tous les membres de l'équipe **Mr Kebiache** de par*

*leur accueil, leur sympathie ainsi que leurs idées constructives.*

## *Sommaire*

<b>Introduction</b> .....	1
<b>Chapitre I : Description de la région</b>	
<b>1-1 : Situation géographique de la wilaya de Guelma</b> .....	3
<b>1-2 : Limites géographiques de la zone d'étude</b> .....	3
1.1 Relief.....	4
1.2. Cadre géologique .....	5
1. Réseau hydrographique .....	6
2.1. Hydrogéologie .....	6
2.2. Principaux oueds .....	7
3.3. Cadre hydrogéologique .....	9
3.3.1. Nappes alluvionnaire de Guelma .....	9
4. Etude climatique .....	10
4.1. La relation température – précipitation.....	11
4.1.1 Diagramme Pluvio-thermique.....	11
4.2. Synthèse climatique.....	12
5. Cadre biotique :.....	13
5.1. La flore .....	13
5.2. La faune :.....	14
6. Aspects sociaux économiques .....	14
<b>Chapitre II : Maladies à transmission hydrique</b>	
1. Définition des maladies hydrique.....	16
2. Les principales infections d'origine hydrique.....	16
2.1. Maladies d'origine bactérienne.....	16
2.2. Maladies attribués à l'eau d'origine chimique :.....	19
3. Autres maladies hydriques.....	20

## Chapitre III : Matériel et méthodes

III -1 : Prélèvements et choix des stations : .....	22
1.1 Choix des stations .....	22
1.2. Les Prélèvements : .....	24
1.2. A. Prélèvement de l'eau pour avoir la qualité physicochimique .....	22
1.2. B. Prélèvement de l'eau pour avoir la qualité bactériologique .....	23
1.3 : Nature et période de prélèvement .....	25
III. 2 : Analyses physico chimiques de l'eau de source .....	26
*La température (T).....	26
*La conductivité électrique (CE) .....	26
*Le potentiel d'hydrogène (pH) .....	27
*La turbidité .....	28
2.2. Paramètre chimique .....	28
2.2.A :Oxygène dissous (O <sub>2</sub> ).....	28
2.2.B :La salinité .....	29
2.2. C : Dureté de l'eau.....	29
2.2.D : Alcalinité .....	30
2.3.1 : Les éléments majeurs .....	31
• A/ Le Calcium (Ca <sup>2+</sup> ) .....	31
• B /Le Magnésium (Mg <sup>2+</sup> ) .....	31
• C/Les chlorures (Cl <sup>-</sup> ) .....	31
• D/Les sulfates (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) .....	31
• E/ Bicarbonates (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) .....	34
• F/ Les nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) .....	34
• G/ Les nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) .....	34
• H/ L'ion ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) .....	35
III. 3 : Analyse bactériologique de l'eau de source .....	35
3.1. Analyse quantitative :.....	36

3.1.1. Dénombrement de la microflore aérobie mésophile totale (germes totaux) .....	36
3.1.2. Dénombrement des indicateurs de contamination fécale (CF, CT, SF).....	38
A. Dénombrement des coliformes totaux et coliformes thermotolérants .....	38
B. Dénombrement des streptocoques fécaux.....	39
3.1.3. Dénombrement des spores des anaérobies sulfite réducteurs (ASR) .....	39
3.2.1. Recherche des Salmonelles.....	44
3.2. Recherche des germes pathogènes.....	44
3.3. Tests d'identifications complémentaires .....	47
▪ Coloration de Gram .....	47
• Préparation du frottis .....	47

#### **Chapitre IV : Résultats et discussion.**

1. Analyses bactériologique .....	49
1.2. Les coliformes totaux .....	49
1.3. Les coliformes fécaux .....	50
1.4. Les Streptocoques Fécaux.....	51
1.5. Les anaérobies sulfite-réducteurs (ASR) .....	52
2. Analyses physico-chimiques.....	53
2.1. Les paramètres physiques .....	53
2.1.1. La température (T°C).....	53
2.1.2. Le pH .....	54
2.1.3. La conductivité électrique (CE).....	54
2.1.4. L'oxygène dissout.....	55
2.2. Les paramètres chimiques (ions majeurs) .....	56

2.2.1. Nitrates ( $\text{NO}^{-3}$ ) .....	56
2.2.2. Nitrites ( $\text{NO}^{-2}$ ) et Ammonium ( $\text{NH}^{+4}$ ) .....	57
2.2.3. Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) et dureté totale (TH) .....	57
2.2.4. Les chlorures ( $\text{Cl}^{-}$ ): .....	59
2.2.5. Les sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) : .....	59
2.2.6. Bicarbonates ( $\text{HCO}^{-3}$ ) : .....	60
2.2.7. Taux alcalinité (TA) et taux alcalinité complet (TAC) .....	61
<b>Conclusion</b> .....	63
<b>ملخص</b> .....	65
<b>Résumé</b> .....	66
<b>Abstrat</b> .....	67
<b>Bibliographies</b> .....	68
<b>Annexe</b> .....	73

## *Liste des figures*

N°	TITRE	pages
<b>1</b>	Fig. 1 : Localisation des cinq zones d'études sur la carte des limites administratives de la wilaya de Guelma (1/500 000 ème).	<b>1</b>
<b>2</b>	Fig. 2 : Géomorphologie de la région de Guelma. (Benmarce. 2007)	<b>2</b>
<b>3</b>	Fig. 3 : Carte géologique de la région de Guelma. Extraite de la carte de géologie de Guelma. (Vila, 1980)	<b>4</b>
<b>4</b>	Fig. 4 : Réseau hydrographique. (Benmarce. 2007)	<b>6</b>
<b>5</b>	Fig. 5 : Diagramme Pluvio-thermique de la région de Guelma (1994 – 2008) (Aouissi. 2010)	<b>9</b>
<b>6</b>	Fig. 6 : Situation de la région de Guelma dans le climatogramme d'Emberger (1994-2008). (Aouissi. 2010)	<b>10</b>
<b>7</b>	Fig7 : Photo de Source (1).	<b>22</b>
<b>8</b>	Fig8 : Photo de Source (2).	<b>22</b>
<b>9</b>	Fig.9 : Photo de la Source (3).	<b>22</b>
<b>10</b>	Fig.10 : Photo de la Source (4).	<b>22</b>
<b>11</b>	Fig. 11: Photo de Source (5).	<b>22</b>
<b>12</b>	Fig.12 : Dénombrement des micro-organismes revivifiables à 22 et à 37°C dans les eaux. (Labres <i>et al</i> , 2008).	<b>36</b>
<b>13</b>	Fig. 13 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux et les coliformes thermotolérants.	<b>40</b>
<b>14</b>	Fig.14: Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux.	<b>41</b>
<b>15</b>	Fig.15 : Recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfite réducteurs (ASR).	<b>42</b>
<b>16</b>	Fig.16 : Recherche et identification des salmonelles.	<b>44</b>
<b>17</b>	Fig. 17: Recherche et identification des Staphylocoques pathogènes ( <i>S. aureus</i> ).	<b>46</b>
<b>18</b>	Fig.18 : Estimation du nombre des coliformes totaux.	<b>49</b>
<b>19</b>	Fig.19 : Estimation du nombre des coliformes fécaux.	<b>50</b>
<b>20</b>	Fig.20 : Estimation du nombre des streptocoques fécaux.	<b>51</b>
<b>21</b>	Figure.21 : Evolution de la température dans les points de prélèvements.	<b>52</b>
<b>22</b>	Fig22 : Evolution du pH dans les points de prélèvements.	<b>53</b>
<b>23</b>	Fig.23 : Variation de la conductivité dans les points de prélèvements.	<b>54</b>
<b>24</b>	Fig.24 : Concentration de l'oxygène dissous dans les points de prélèvements.	<b>55</b>
<b>25</b>	Fig.25 : Variation en teneurs de Nitrates dans les eaux de sources.	<b>55</b>
<b>26</b>	Fig.26 : Variation en teneurs de Magnésium.	<b>57</b>
<b>27</b>	Fig.27 : Variation en teneurs de Calcium.	<b>57</b>
<b>28</b>	Fig.28 : Variation en teneurs de la dureté totale.	<b>57</b>
<b>29</b>	Fig.29 : Variation en teneurs de chlorure dans les eaux de sources.	<b>58</b>
<b>30</b>	Fig.30 : Variation en teneurs de sulfate dans les eaux de sources	<b>59</b>
<b>31</b>	Fig.31 : Variation en teneurs de Bicarbonates dans les eaux de sources.	<b>60</b>
<b>32</b>	Fig.32 : Variation en teneurs du taux alcalinité complet dans les eaux de sources.	<b>61</b>

## *Liste des tableaux*

<b>N°</b>	<b>TITRES</b>	<b>pages</b>
<b>1</b>	Tab.01. Autres maladies hydriques. (Boubidi W et al. 2007).	<b>20</b>
<b>2</b>	Tab.2 : Nombre des germes totaux.	<b>48</b>
<b>3</b>	Tab.3 : Dénombrement des Anaérobies Sulfito-Réducteurs	<b>51</b>
<b>4</b>	Tab.4 : Variation en teneurs Nitrites et Ammonium les eaux de sources.	<b>56</b>
<b>5</b>	Tab. 5 : Evaluation de la turbidité dans les sites de prélèvement.	<b>73</b>
<b>6</b>	Tab.6 : Evaluation de la salinité dans les sites de prélèvement.	<b>74</b>
<b>7</b>	Tab.7 : Qualité physico-chimique de l'eau de boisson (Directive de l'OMS, 2002).	<b>74</b>
<b>8</b>	Tab. 8: Table de Mac-Grady.	<b>75</b>

## *Liste des Abréviations*

**ADH** : Arginine dihydrolase

**°C**: Degret Celsius

**CF** : coliformes fécaux

**CT** : coliformes totaux

**CIT**: Citrate

**°f**: Degret français

**Fig**: Figure

**GEL**: Gelatine

**GN**: Gélose nutritive

**GNAB**: **Gélose** Nutritive Alcaline et biliée

**ha**: hectare

**IND**: Indole

**Km**: Kilomètre

**l/min**: litre par minute

**LDC**: Lysine decarboxylase

**m**: mètre

**mg/l**: milligramme par litre

**ml**: millilitre

**mm**: millimètre

**MTH**: maladies à transmission hydrique

**nm**: nanomètre

**NPP**: Nombre le plus Probable

**NTU**: Nephelometric Turbidity Unit

**ODC**: Ornithine decarboxylase

**OMS**: Organisation Mondiale de la Santé

**ONPG**: Orthonitrophényl- bêta- D- galactopyranoside

**pH:** potentiel Hydrogène

**Q<sub>2</sub>:** Quotion pluviométrique d'Emberger

**S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>, S<sub>4</sub> S<sub>5</sub>:** sources 1, 2, 3, 4,5

**SARS :** syndrome respiratoire aigu sévère

**S/C :** simple concentration

**SF :** streptocoques fécaux

**SFB :** Selenite-F Broth

**SONAREM :** Société National des chercheurs minières

**Sp :** espèce

**S1 T1 SA :** Série1 Tube1 SourceA

**T° :** Température

**TA :** Taux Alcalinité

**TAC :** Taux Alcalinité Complet

**Tab :** Tableau

**TDA:** Tryptophane Désaminase

**TGEA :** Tryptone Glucose Extract Agar

**µs/cm :** microsiemens par centimètre

**URE :** urée

**Ve :** volume initiale

**VP :** Voges- Prauskauer

# **INTRODUCTION**

## **Introduction :**

Au plan mondial, la question de l'approvisionnement en eau devient chaque jour plus préoccupante. Le constat unanimement partagé est simple : déjà précaire dans certaines régions du globe, la situation ne pourra qu'empirer dans les années à venir. Le formidable essor démographique que va en effet connaître notre planète dans les vingt-cinq prochaines années va nécessairement s'accompagner d'une explosion de la consommation en eau et d'une dégradation de sa qualité. Cela risque de mettre gravement en péril le ravitaillement en eau douce d'une grande partie de l'humanité et par voie de conséquence d'aggraver les conflits entre pays voisins ayant des ressources communes (Bara *et al*, 2011)

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. (Aouissi 2009)

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 de déterminer la qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau de certaines sources de la région de Guelma (Nord-Est de l'Algérie) et ceci dans le but d'apprécier sa qualité et son impact sur l'environnement et sur la santé publique.

Dans notre travail on s'est appuyé sur quatre chapitres interdépendants :

- Chapitre I : Description du site.
- Chapitre II : Maladies à transmission hydrique.
- Chapitre III : Matériel et méthodes.
- Chapitre IV : Résultats et discussion.

# **CHAPITRE I :**

## **Description du site**



### 1.1. Relief

La géographie de la wilaya de Guelma est dominée par un relief diversifié caractérisé essentiellement par une importante couverture forestière et le passage de la Seybouse. Ce relief se compose comme suit :

- ✓ Montagnes elles constituent 37,87% dont les principales sont :
  - Mahouna : avec une altitude de 1,411 m.
  - Haoura : 1,292 m d'altitude.
  - Taya : 1,208 m d'altitude.
  - D'Bagh : 1,060 m d'altitude.
- ✓ Plaines et plateaux : ils constituent 27,22% de la superficie de la wilaya.
- ✓ Collines et piémonts : qui constituent 26,29% de la superficie totale, puis autre types des reliefs constituant 8,67%. (Zouaidia H. 2006).

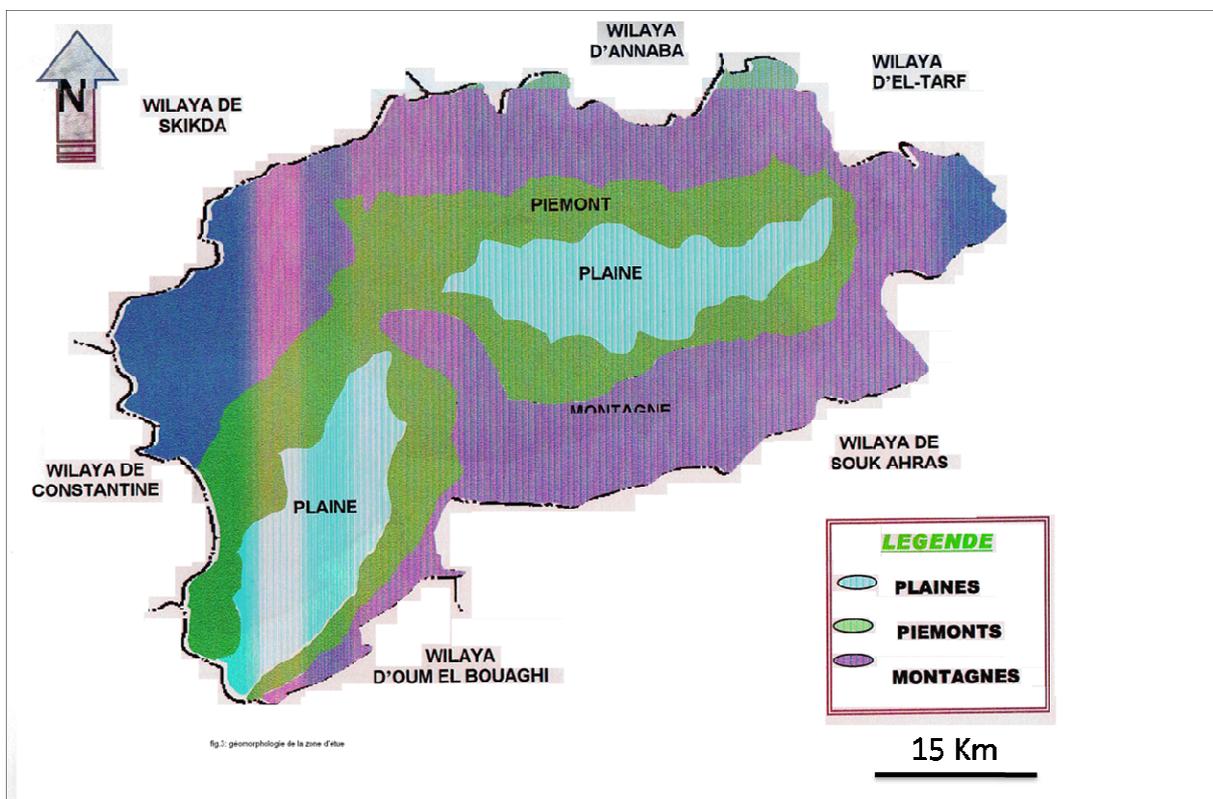


Fig.02 : Géomorphologie de la région de Guelma. (Benmarce. 2007)

## 1.2. Cadre géologique

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

- **La région de Guelma**

La région de Guelma englobe toute la partie médiane du Nord vers le Sud du territoire de la wilaya. Elle est organisée en auréole tout autour de la plaine centrale, constituée de terrasses alluviales qui s'étalent le long de l'oued Seybouse (la vallée de la Seybouse). C'est la région la plus étendue du territoire de la wilaya. Elle se caractérise aussi par une importante couverture forestière au Nord et à l'Est. Par contre, la partie Sud souffre de dégradations répétées d'où une absence de couverture forestière fournie en dépit du caractère montagneux de cette sous-région et d'où une grande vulnérabilité à l'érosion. (Zouaidia. 2006).

- **La région de Bouchegouf**

Elle se caractérise par un relief fortement montagneux (près de 75%). Cette région est traversée par l'Oued Seybouse dont les berges constituent les prolongements de la plaine de Guelma. Ses montagnes sont couvertes de massifs forestiers, notamment les forêts de Beni Salah et de Aïn Ben Beïda (une partie de Haouara à l'Ouest). Son paysage se caractérise par de longs versants réguliers à pentes moyennes et quelques hautes surfaces à pentes plus faibles, outre quelques plaines moins importantes que celle de Guelma. (Zouaidia H. 2006).

- **La région d'Oued-Zénati**

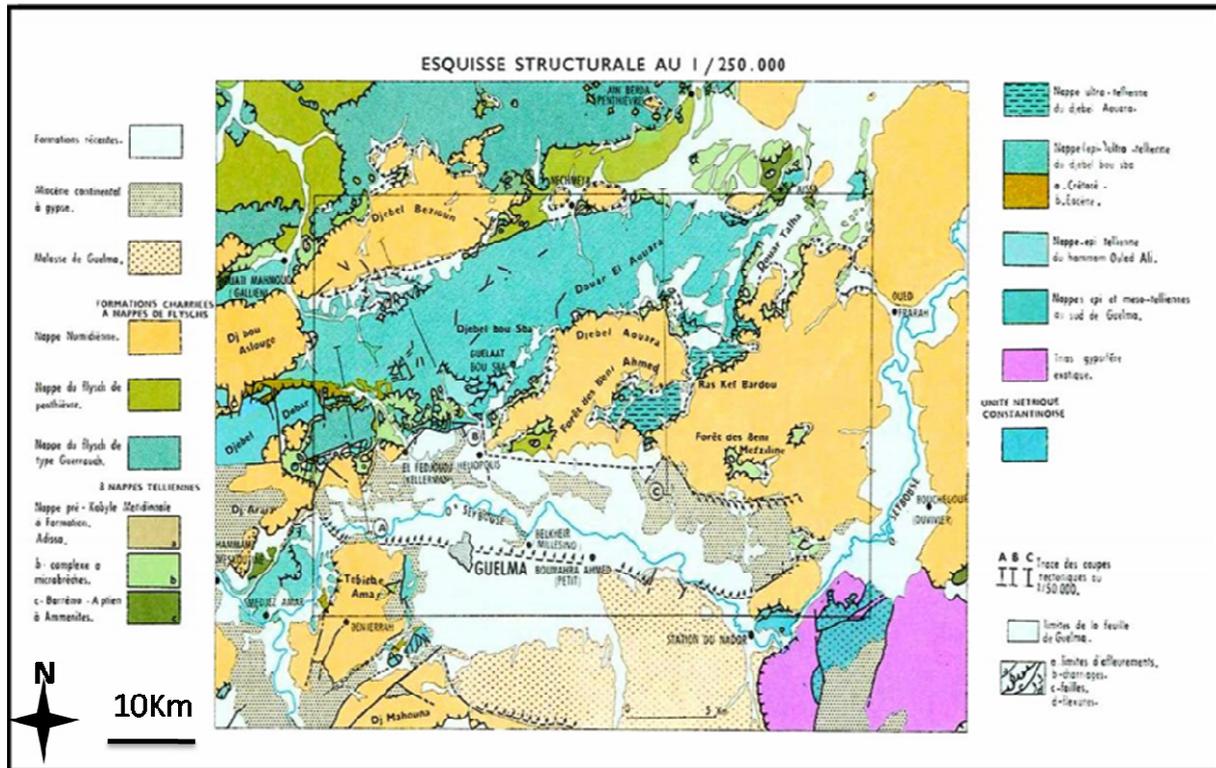
La région d'Oued Zénati chevauche un relief montagneux plus ou moins disséqué. Son paysage dominant est de loin celui des hautes surfaces montagnardes et les longs versants dispersés dans un ensemble de montagnes dont la couverture forestière est moins importante que celle de la région de Guelma.

Les sols qui s'y localisent sont en grande partie des sols bruns calcaires parfois profonds. (Zouaidia. 2006).

- **La région de Tamlouka**

La région de Tamlouka fait partie de la région des hautes plaines dont l'altitude moyenne est supérieure à 800 m avec cependant des pentes faibles. La partie Sud de la wilaya est occupée par un vaste paysage des hautes plaines traversées par l'Oued M'gaïbsa

Caractérisée par des bas-fonds et des glacis alluviaux au Nord, des paysages de glacis assez étendus se raccordent à la plaine. (Zouaidia H. 2006).



**Fig.03 : Carte géologique de la région de Guelma. Extraite de la carte de géologie de Guelma. (Vila, 1980)**

## 2. Réseau hydrographique

### 2.1. Hydrogéologie

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

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

Les nappes captives du champ de Guelma s'étendent sur près de 40 Km le long de la vallée de la Seybouse et sont alimentées par les infiltrations et les ruissellements qui déversent dans l'Oued Seybouse. Elles constituent les plus importantes nappes de la wilaya. Au niveau

de la nappe de Bouchegouf, les alluvions paraissent moins perméables que ceux de la plaine de Guelma. Elles peuvent contenir une nappe alluviale moins importante. (Zouaidia. 2006).

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

Elle s'étend sur toute la partie Nord de la wilaya. Elle regroupe toute la partie de l'Oued Zénati et la partie Nord de la région de Guelma. En dehors de la plaine, une grande partie de cette région est constituée d'argiles rouges numidiennes sur lesquelles reposent des grès peu perméables. Cette zone connaît une faible perméabilité en dépit d'une pluviométrie relativement importante.

Cependant, sur les calcaires Crétacés inférieurs des Djebels Débagh et Taya, l'infiltration est probablement importante. (Zouaidia. 2006).

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

Il est à remarquer pour cette région que les structures synclinales du Crétacé supérieur peuvent contenir des nappes actives par des infiltrations sur les calcaires qui n'ont pas une bonne perméabilité quand ils sont profonds. Des nappes phréatiques s'établissent dans les formations quaternaires reposant sur des argiles Miocènes. Elles sont drainées par les différents affluents de l'oued Charef, mais une partie de leurs eaux s'évapore dans les régions marécageuses. (Zouaidia. 2006).

- **La zone des Djebels surplombant des oueds Sédrata et Héliá**

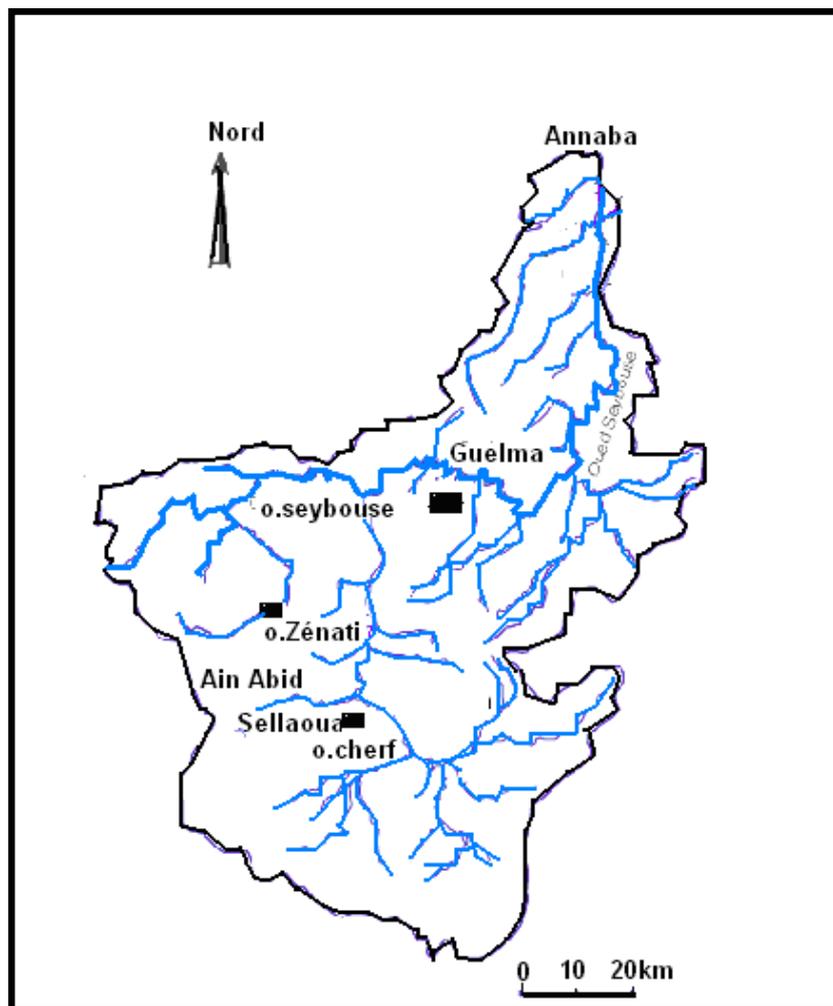
Cette région s'étend sur les parties Nord de la région de Tamlouka et Sud de la région de Guelma et Bouchegouf. Sa partie Sud est certainement la mieux fournie en eau. Elle se caractérise par la présence des hautes dalles calcaires du Crétacé supérieur qui sont perchées sur des marnes. Des sources assez importantes jalonnent à leur contact. Sur l'autre partie de la zone (la plus étendue), les dalles calcaires sont plus redressées et fractionnées et des sources parfois relativement importante jaillissent des calcaires en contact des marnes. (Zouaidia. 2006).

## **2.2. Principaux**

Les principaux Oueds dans la région de la wilaya sont :

- **Oued Seybouse** : il prend sa source à Medjez Amar (point de rencontre entre oued Charef et oued Bouhamdane). Il traverse la plaine de Guelma-Bouchegouf sur plus de 45 Km du Sud au Nord. Son apport total est estimé à 408 millions m<sup>3</sup>/an.

- **Oued Bouhamdane** : il prend sa source dans la commune de Bouhamdane à l'Ouest de la wilaya. Son apport est de 96 millions m<sup>3</sup>/an.
- **Oued Mellah** : provenant du Sud-Est, ce court d'eau enregistre un apport total de 151 millions m<sup>3</sup>/an.
- **Oued Charef** : Prend sa source au Sud de la wilaya et son apport est estimé à 107 millions m<sup>3</sup>/an. (Zouaidia. 2006)



**Fig.04 : Réseau hydrographique. (Benmarce. 2007)**

### Cadre hydrogéologique

Les eaux souterraines constituent une part importante du patrimoine hydraulique de la région de Guelma. D'après les études géo physiques **ENAGEO. (1971)**, **Algéo. (1997)** et **CRAAG (2004)**, le système hydrogéologique de la région renferme les six aquifères suivants:

- Nappe alluvionnaire de Guelma.
- Nappe alluvionnaire de Bouchegouf;
- Nappe des calcaires néritiques et sénoniens d'Héliopolis;
- Nappe des calcaires Eocènes de Ras El Agba- Sellaoua-Announa ;
- Nappe des calcaires de Bouhechena;
- Nappe des calcaires de Tamlouka.

### **3.3.1. Nappes alluvionnaire de Guelma**

Elle est située dans la vallée de l'Oued Seybouse en grande partie sur sa rive droite. Elle est sillonnée par l'Oued Seybouse d'Ouest en Est, depuis Medjez Amar jusqu'à Nador. (**Djabri . 1996**).

C'est une zone d'effondrement comblée par des dépôts Miocènes (argiles et marnes à gypses) et quaternaires (alluvions hétérogènes sous forme de terrasses). Ces alluvions sont perméables et sont alimentés par les eaux d'infiltrations des pluies et des apports latéraux du bassin versant de la Seybouse. Elle est constituée de trois terrasses distinctes (basse, moyenne, et haute).

- **La basse terrasse (terrasse actuelle)**

C'est la vallée dans laquelle coule l'actuel Oued Seybouse. Elle est formée de graviers, de sable et de galets. Son épaisseur croit vers l'Est, elle est de 8 m au Nord de la ville de Guelma et atteint 16 m au Nord-Est de Boumahra. Le substratum est constitué de marnes à gypses et d'argiles du Miocène dans sa partie Ouest. A l'Est, il est constitué d'argiles et de grès numidiens. (Mouassa. 2006).

- **La moyenne terrasse**

Elle est constituée d'un matériel détritique relativement fin en alternance avec de passées argileuses. Le substratum est toujours marneux à gypse. Son épaisseur est plus importante que celle de la basse terrasse (40 m environ). (Mouassa. 2006).

- **La haute terrasse (terrasse ancienne)**

Elle est située au Sud de la moyenne terrasse et elle est formée d'alluvions grossières plio-quadernaires (galets, graviers, grès, sables et quelques passées argileuses) perméables. La couche superficielle montre une affinité argileuse nette. Le substratum est aussi constitué de marnes à gypses et d'argiles du Miocène jusqu'à l'Oued Boussora. Vers l'Est, il est constitué d'argiles Eocènes. L'épaisseur de cette partie de la nappe aquifère est plus importante que celles des deux premières et varie de 50 m à 150 m par endroits (H'Fais) entre Belkheir et Boumahra. Elle est limitée au Sud par les travertins de Guelma qui l'alimentent en partie. (Mouassa. 2006).

La plus grande quantité en eau de la nappe est exploitée par le biais de forages de différentes profondeurs, de puits, et de captage de sources.

#### **4. Etude climatique**

Guelma, ville du Nord-Est algérien se situe entre 36° et 28° de latitude Nord et 7° et 25° de longitude Est. Elle occupe une position médiane entre le Nord, les hauts plateaux et le sud du pays.

Le climat de Guelma est celui de l'arrière littoral montagne (Zone B), déterminé par des hivers plus froids et plus longs et des étés chauds et moins humides que ceux des littorales.

L'interprétation des données météorologiques de Guelma sur une période de dix ans, et l'établissement de son diagramme solaire s'avère être indispensable pour mieux caractériser son climat. Ainsi, que pour définir les climats on devra s'appuyer constamment sur les données moyennes et extrêmes ; d'où peuvent se mesurer les amplitudes moyennes des températures annuelles entre le mois le plus chaud et le mois le plus froid, et amplitude des extrêmes absolues de températures quotidiennes (entre le maximum diurne et minimum nocturne). (Medjelekh. 2006).

#### 4.1. La relation température - précipitation

##### 4.1.1 Diagramme Pluvio-thermique

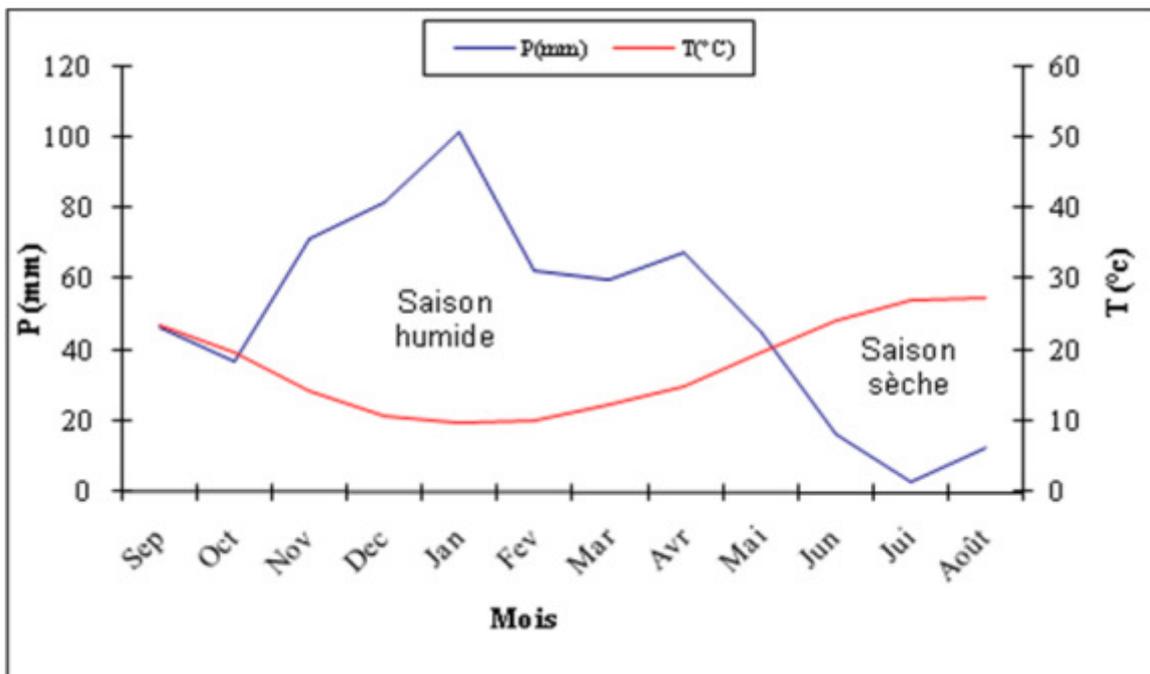
Selon Bagnouls et Gaussen, une période sèche est due au croisement des courbes de température et des précipitations. Cette relation permet d'établir un graphe pluviométrique sur lequel les températures sont portées à une échelle double des précipitations. (**Fig.5**) (**Aouissi. 2010**)

D'après ce digramme établi à partir des données de températures et précipitations de la station de Guelma, on peut distinguer deux périodes :

- La première froide et humide qui s'étale sur 8 mois, du mois d'Octobre jusqu'au mois de Mai.

- La seconde chaude et sèche qui s'étale sur 4 mois, du mois de Juin jusqu'au mois de Septembre.

La détermination de cette période est d'une grande importance pour la connaissance de la période déficitaire en eau. (**Aouissi. 2010**).



**Fig.05 : Diagramme Pluvio-thermique de la région de Guelma (1994 – 2008)**  
(Aouissi. 2010)

#### Synthèse climatique

Selon Emberger (1963), la région méditerranéenne est subdivisée en cinq étages bioclimatiques. Pour déterminer l'étage bioclimatique de la zone d'étude (Guelma), il faut procéder au calcul du quotient pluviométrique d'Emberger ( $Q_2$ ). (Dajoz. 2000).

$$Q_2 = 1000.P / \frac{(M + m)(M - m)}{2}$$

Où

M : Température maximale du mois le plus chaud ( $M = 36,34^\circ\text{C} = 309,34 \text{ K}$ ).

m : Température minimale du mois le plus froid ( $m = 4,26^\circ\text{C} = 277,62 \text{ K}$ ).

P : Précipitation moyenne annuelle  $P = 606,1 \text{ mm}$ .

Notre région (Guelma) présente un  $Q_2 = 65,10$  ce qui la classe dans l'étage bioclimatique à végétation semi-aride à hiver frais. (Fig06). (Aouissi. 2010).

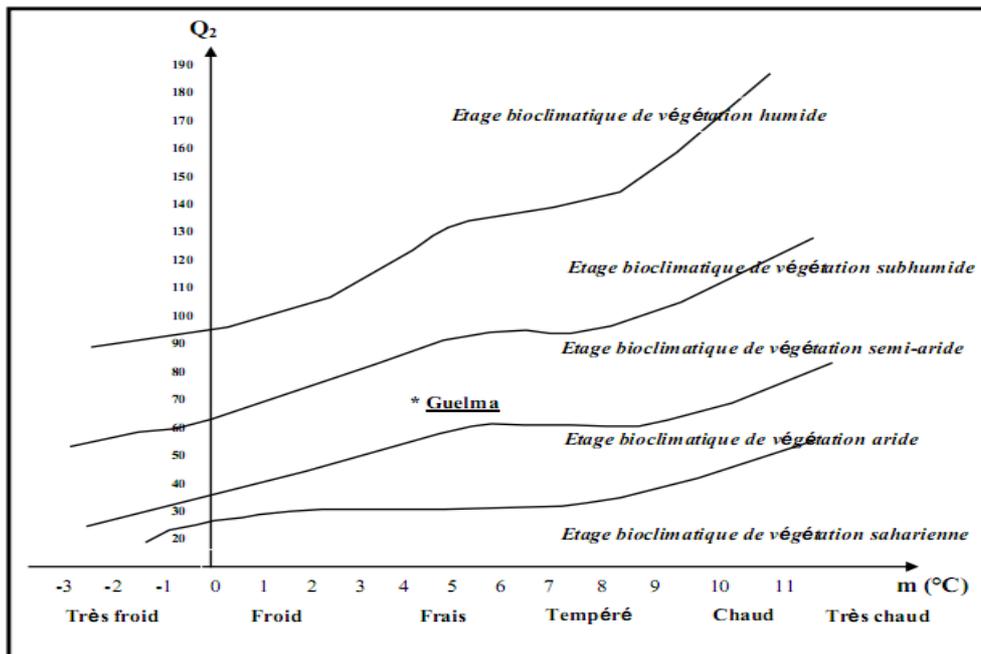


Fig.06 : Situation de la région de Guelma dans le climatogramme d'Emberger (1994-2008). (Aouissi. 2010)

## 5. Cadre biotique

## 5.1. La flore

La wilaya de Guelma est dominée par une couverture forestière de 105,393 ha, soit un taux de 28,59% de la superficie totale de la wilaya à un paysage discontinu et hétérogène, confiné discontinuellement dans les massifs répartis d'Ouest en Est. (**Zouaidia. 2006**)

Les grands espaces de terrains sont à vocation forestière dans la partie Sud-Est. Selon la densité, les forêts se répartissent comme suit :

\*Forêts denses : 19,459 ha.

\*Forêts claires : 10,491 ha.

\*Maquis et broussailles + parcours : 57,402 ha.

\*Reboisements : 3589 ha.

\*Vides : 14,457 ha. (Zouaidia. 2006).

Le taux de reboisement est de 10% dénotant un effort considérable de reforestation du territoire. Les principales forêts sont :

\*Forêt de Béni Salah : réserve nationale en liège (13,745 ha).

\*Forêt de la Mahouna : d'une vocation récréative s'étalant sur 1,035 ha.

\*Forêt de Houara : avec une superficie de 2,374 ha.

\*Forêt dense Beni Medjaled à Bouhamdane : 3,506 ha. (**Zouaidia. 2006**).

Les principales essences sont le Chêne liège (localisé dans Beni Salah, Houara, Djellaba, Mahouna), l'Eucalyptus, le Pin d'Alep, le Pin Maritim, le Chêne Zeen et le Cyprès. Ces derniers se répartissent selon la superficie comme suit :

\*Chêne liège : 21;884 ha.

\*Eucalyptus: 2,657 ha.

\*Pin d'Alep: 2,915 ha.

\*ChêneZeen : 2,753 ha.

\*Cyprès: 1,517 ha.

\*Pin maritime: 1,410 ha. (**Zouaidia. 2006**).

Les principales productions sont le Chêne liège et le Chêne Zeen, avec un volume de production de 1,500 stères. Pour le bois ; l'Eucalyptus et le Pin d'Alep avec 29,358 m<sup>3</sup>. (Zouaidia. 2006).

## 5.2. La faune

\*Les mammifères : loups, sanglier, chacal, renard, lièvre, lapin, gerboise, cerf de barbarie représentant une espèce protégée.

\*Les oiseaux : Perdix gambara, caille des blés, tourterelle, chardonneret (espèce hyper-protégée); moineau, hibou, palombe, cigogne blanche, héron garde-boeuf, héron cendré.

\*Les reptiles : tortue, lézard, couleuvre. (Zouaidia. 2006).

## 6. Aspects sociaux économiques

Après l'indépendance, l'ORGM a effectué plusieurs campagnes de prospection et plus précisément en 1973, 1984, et 1994 sur le gîte de soufre de Héliopolis. A ces travaux s'ajoutent d'autres études réalisées par la DREG/SNMC dans le cadre de la mise en valeur de gîtes d'agrégats. La SONAREM (1979), a effectué des travaux de révision prévision des substances utiles non métalliques dans la région de Guelma. (1)

Sur le plan minier, la région de Guelma recèle un potentiel en substances utiles non négligeable dont les plus importantes sont :

- **Argiles** pour la fabrication des briques et des tuiles : le gisement le plus important est celui de Bouchegouf dans les formations argileuses du Numidien ;

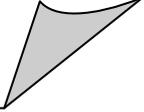
- **Gypse**, dans les formations du trias et du Miocène : indice de Djebel Nador, indice de Héliopolis et l'indice de Medjez Sfa.
- **Roches** pour agrégats : les gisements de Douar Bou Zitoune et Djebel Debbagh, l'indice de hammam N'bails et Galâa Bou Dia.
- **Barytine** : indice de Koudiat Bou Kesrouba et Bou Zitoune.
- **Dolomie** : gisement de djebel Faïa, djebel Debbagh et Mechrakha.
- **Calcaires** : indice de Djebel Debbagh et Ras El Ma.
- **Kaolins et halloysites**: gisement de Djebel Debbagh et l'indice de Hammam N'bails.
- **Phosphorites** : indices d'Ain El Arbi, Ain Souda Djebel Bardo, Djebel Nador, Djebel El Kouz et Kef El Aksi.
- **Soufre** : indice de Héliopolis. (1).

Les montagnes et bassins versants de Houara, Mahouna, Débar et la forêt de Béni Salah offrent d'importantes opportunités de développement rural. Sur une superficie forestière de 105.295 ha (28,45 %), les forêts (claires et denses) occupent une superficie de 29.950 ha dont 24.437 ha en chêne-liège d'où des opportunités de traitement, d'exploitation et de transformation de liège. (Benmarce., 2007)

Les terres à grand potentiel agricole se situent dans le Sud-Ouest (plaines d'oued Zénati et Tamlouka réputées par la céréaliculture et l'élevage.

Quant à la vallée de l'Oued Seybouse qui s'étend sur près de 45 km, elle offre toutes les conditions nécessaires à la production des cultures intensifiées en irrigué et de l'élevage bovin. Le sol du territoire de Guelma recèle d'importantes richesses minières qui sont principalement le marbre, le kaolin, l'argile, les agrégats...et qui ont permis l'existence d'une industrie des matériaux de construction, susceptible d'être d'avantage développée. Quant aux richesses touristiques, elles sont importantes et diversifiées (thermes Hammam Débagh, de Hammam ouled Ali, de Hammam N'bails, de Hammam Guerfa et Belhachani), offrant de grandes possibilités de développement du thermalisme. (Benmarce, 2007).

**CHAPITRE II :**  
**Les Maladies a**  
**transmission**  
**hydrique**



Bien que l'eau constitue un facteur important dans la santé humaine et animale, son insuffisance ou son absence détermine un manque d'hygiène favorable à la survenue de maladies et d'épidémies.

La dégradation de l'environnement est souvent responsable de l'apparition d'épidémies, de maladies à transmission hydrique ou alimentaire; la typhoïde et les dysenteries et l'hépatite virale A constituent les maladies prédominantes (10.000 cas annuels de MTH en moyenne).

La pleine image des maladies associées à l'eau est complexe pour un grand nombre de raisons. Sur la dernière décennie, l'image des problèmes de santé relatifs à l'eau est devenue de plus en plus vaste, avec l'émergence de nouvelles maladies d'infection relatives à l'eau et la réémergence de certaines déjà connues.

Des données sont disponibles pour certaines maladies relatives à l'eau et l'hygiène (qui incluent la Salmonellose, le Choléra, la Shigellose), mais pour d'autres telles que la malaria, la Schistosomiase ou les infections les plus modernes telles que la légionellose ou les SARS des analyses doivent encore être effectuées.

### **1. Définition des maladies hydrique**

Les maladies hydriques sont toutes les maladies causées par la consommation d'eau contaminée par des fèces animales ou humaines, qui contiennent des microorganismes pathogènes.

Les maladies hydriques se propagent par la contamination des systèmes de distribution d'eau potable par l'urine et les fèces des personnes ou animaux infectés. (**Cheriet M. et al. 2010**).

### **2. Les principales infections d'origine hydrique**

#### **2.1. Maladies d'origine bactérienne**

##### **Fièvres typhoïdes et paratyphoïdes**

Ce sont de véritables septicémies dues à des salmonelles : *Salmonella typhi* et *Salmonella 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, atteintes hépatiques, respiratoires, 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.

La bactérie traverse sans la léser la barrière intestinale et se fixe dans les ganglions mésentériques. Après incubation elle se répand dans la circulation sanguine ce qui conduit à une septicémie. Elle libère lors de son élimination une endotoxine neurotrope qui lèse le système abdominal provoquant des ulcérations.

La toxine peut être également responsable de troubles plus généraux par atteinte du système nerveux central. La bactérie est retrouvée dans les selles du malade dans 50 à 80 % des cas. **(Roland V. 2003).**

### Gastroentérites aiguës et diarrhées

- *Escherichia coli*

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 pathogène : 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. **(Roland. 2003).**

- *Campylobacter jejuni*

Bien qu'étant l'une des causes les plus courantes de gastroentérites, ce n'est que vers la fin des années 1970 que cette bactérie a été reconnue comme agent d'infection gastro-intestinale. Son taux d'infection dans la population est estimé à 1 % et plus de 2000000 de cas par an sont comptabilisés aux Etats-Unis. Il en est de même au Royaume-Uni et dans d'autres nations développées. C'est une infection sporadique apparaissant en été, le plus souvent à la suite de manipulations de nourriture mal cuite, essentiellement de produits avariés.

L'impact de *Campylobacter* dans les pays en voie de développement est de plusieurs fois supérieur à celui observé dans les pays développés et donne lieu à l'apparition de porteurs sains. La plupart des infections surviennent pendant l'enfance et leur fréquence diminue avec l'âge. Le risque de contamination encouru par les touristes dans les pays à risque varie de 0 à 39%. **(Roland V. 2003).**

- *Yersinia enterocolitica*

De nombreuses espèces animales constituent le réservoir de cette bactérie : porc, lapins, mulots. Le lait, les coquillages, les crèmes glacées et les crudités (carottes râpées,

salades, légumes) ont conduit à des milliers d'infections. En ce qui concerne l'eau, sa transmission est oro-fécale. Elle provoque une entérocolite souvent sanglante qui régresse au bout d'une semaine. Des complications abdominales peuvent néanmoins survenir laissant penser parfois à une crise d'appendicite. (Roland V. 2003).

- ***Salmonella sp.***

Il existe plusieurs centaines de salmonelles dont la classification a été modifiée de nombreuses fois et qui n'est toujours pas bien stabilisée. Leur transmission par voie hydrique est oro-fécale.

L'origine des salmonelles remonte à la nuit des temps. En effet, elles auraient divergé du genre *Citrobacter* après l'apparition des amphibiens et des reptiles, il y a 300 millions d'années. Puis la sous-espèce I se serait différenciée à l'émergence des animaux à sang chaud, il y a 200 millions d'années engendrant les fièvres typhoïdes.

Estimées à 841 espèces par Kaufman-White, c'est la sous espèce *enterica* qui est responsable des affections des animaux à sang chaud. Elles sont responsables de 8.6% des diarrhées infantiles hospitalisées dont 88% chez des enfants de 1 à 5 ans. Les sérotypes *Typhi*, *Paratyphi A*, *B* et *C* sont responsables des salmonelloses humaines les plus graves, parfois mortelles. D'autres sous-espèces d'origines animales peuvent être responsables de gastroentérites autolimitées avec fièvre de l'ordre de 2 jours et diarrhées n'excédant pas 7 jours. De même, d'autres sous-espèces peuvent être saprophytes d'animaux à sang froid.

(Roland V. 2003).

- ***Shigella dysenteriae***

Les dysenteries bacillaires sont dues à des bactéries du genre *Shigella* et ne représentent que 0.7% des gastroentérites de patients hospitalisés, dont 80% sont des enfants de 1 à 15 ans. Elles sont caractérisées par un syndrome gastro-intestinal comportant des douleurs abdominales, des expulsions de selles non fécales nombreuses (de 4 à 20 par jour) sanguinolentes et glaireuses. Elles s'accompagnent d'un amaigrissement et de dégradation de l'état général.

Leur début est brutal avec élévation brutale de température accompagnée de douleurs abdominales et émission d'importantes selles aqueuses suivies, 1 à 2 jours plus tard, par des volumes moindres de matières fécales contenant beaucoup de sang et de mucus. La shigellose se traduit par l'invasion et la destruction de la muqueuse superficielle avec ulcération.

L'espèce *Shigella dysenteriae* peut provoquer une forme particulièrement sévère de dysenterie dont la mortalité peut atteindre 20%. Les autres genres ne provoquent qu'une dysenterie passagère, rarement fatale, sauf pour les personnes âgées et les enfants dénutris.

L'examen des selles est indispensable pour faire la distinction entre dysenterie bacillaire et dysenterie à protozoaires.

L'affection cède à l'antibiothérapie ce qui permet d'éviter des complications comme arthrites ou phlébites ou encore l'apparition de formes hypertoxiques, de type choléra, à mortalité parfois élevée. **(Roland V. 2003).**

- ***Aeromonas***

Bien que le genre *Aeromonas* soit peu cité pour ce qui concerne son association avec les gastroentérites, il n'en demeure pas moins qu'il serait responsable en troisième, voire seconde, position des gastroentérites des mois d'été aux Etats-Unis.

Dans sa forme légère la gastroentérite provoquée par les *Aeromonas* se présente comme une diarrhée aqueuse, très semblable à celle causée par de nombreux autres entéropathogènes et ce n'est que très rarement qu'elle présente un caractère cholériforme. **(Roland V. 2003).**

### **2.2. Maladies attribués à l'eau d'origine chimique**

Certaines substances comme les métaux lourds ne sont pas éliminées par l'organisme. Elles s'y accumulent, et leur ingestion prolongée peut être de maladies graves, même si leur teneur dans l'eau est très faible. Ingérée en grande quantité, lors d'une pollution accidentelle, ces mêmes substances sont rapidement toxiques. **(2).**

#### **Plomb**

Le plomb passe rapidement dans le sang et va perturber de nombreux mécanismes biochimiques, touchant principalement le système nerveux mais aussi d'autres fonctions, comme la reproduction. Les enfants exposés de manière prolongée à de faibles doses de plomb peuvent ainsi développer un saturnisme, une maladie caractérisée par divers troubles pouvant être irréversibles : ceux-ci concernent la croissance, le développement du système nerveux central, le développement intellectuel et le comportement. A plus fortes doses, le plomb peut même induire chez les adultes, et aussi bien chez les hommes que chez les femmes, des troubles de la reproduction, des insuffisances rénales, ou des encéphalopathies. Il peut également se fixer sur les os où il ne sera pas gênant tant qu'il ne sera pas renvoyé dans le sang; or cela peut se produire en particulier chez les femmes enceintes - entraînant une exposition du fœtus, et chez les personnes âgées -qui se retrouvent empoisonnées de manière brutale. **(2).**

### Nitrate

Au-delà d'un certain seuil de concentration, les nitrates peuvent engendrer, chez les enfants et surtout les nourrissons très sensibles à une absorption trop importante, un empoisonnement du sang appelé une méthémoglobinémie ou encore maladie bleue. Les nitrates ne sont pas nocifs en soit pour la santé. Mais sous l'action d'une bactérie présente dans le corps humain, ils se transforment en nitrites - qui eux oxydent l'hémoglobine du sang qui ne peut plus fixer l'oxygène et perturbe la respiration cellulaire.

Même à faible concentration, ils peuvent également engendrer à long terme des cancers chez les adultes lorsqu'ils sont associés à certains pesticides avec lesquels ils forment des composés cancérigènes. Le risque demeure difficile à évaluer et les normes actuelles, qui fixent les seuils de concentration des nitrates à 50 mg/l représentent une application raisonnable du principe de précaution. (2).

### Pesticides

La difficulté avec les pesticides est qu'ils forment une famille très nombreuse: plusieurs centaines de molécules très diverses sont en effet utilisées. En outre, dans la nature, ces molécules se dégradent et en génèrent d'autres. Les toxicités de ces substances, pesticides et produits de dégradation, diffèrent et sont mal connues pour la plupart, l'incertitude portant sur les effets à long terme de doses infimes répétées. Certains sont cancérigènes comme l'atrazine. (1).

### 3. Autres maladies hydriques

**Tab.01.** Autres maladies hydriques. (Boubidi W et al. 2007).

Type de maladie	Maladie	Agent causal
<b>Virale</b>	Poliomyélite	Virus de la poliomyélite
	Méningite	Virus de coxsackie A
	Myocardite	Virus de coxsackie
	Hépatite infectieuse	Virus de l'hépatite A, E
	Gastro-entérite	Rotavirus-Calcivirus-Virus de Norwalk-Astrovirus - Coronavirus like.
<b>Parasitaire</b>	Amibiase	Amibe
	Paludisme	Plasmodium
	Gastro-entérite	Giardia lambila-Giardia intestinalis-Plasmodium
<b>Fongique</b>	Condidose	Candida albicans

Les maladies à transmission hydrique constituent un véritable problème de santé publique et il faut conjuguer les efforts entre les différents acteurs de la Santé pour diminuer le taux de morbidité de cette maladie. **(3)**

# **CHAPITRE III :**

## **Matériel et méthodes**

### III -1 : Prélèvements et choix des stations :

#### 1.1.Choix des stations :

Pour contribuer à l'étude de la qualité microbiologique et physico-chimique des eaux de sources de la région de Guelma, nous avons choisis Cinq points d'eau (source) dans la commune de Guelma (Boumahra Ahmed, Belkheir ,Sellaoua announa, Bendjarah, Heliopolise ) en raison de leur localisations (zone agricole-zone urbaine-zone montagneuse-zone industrielle)

- **Source (1)** d'Ain Rosfa Boumahra Ahmed ( $36^{\circ}29'38,91''N$   $7^{\circ}28'59,05''E$ )

Altitude 208m :

Elle se trouve à la commune de Boumahra Ahmed actuellement (ex : PETIT en la période de la colonisation française) coté oriental à environ 7 Km de la wilaya de Guelma, elle est exploitée pour la consommation humaine. **(Fig.7)**

Cette source donnant un débit exploité actuellement de 6 l/min.

- **Source (2)** Guettiche ( $36^{\circ}27'53,28''N$   $7^{\circ}27'49,86''E$ ) Altitude 221 m:

Elle se trouve à la commune de Belkheir actuellement (ex : Muli zimo en la période de la colonisation française) coté oriental à environ 4 Km de la wilaya de Guelma, elle est exploitée pour la consommation humaine. **(Fig.8)**

Cette source donnant un débit exploité actuellement de 48/min.

- **Source (3)** d'Ain Bouchiha Heliopolis ( $36^{\circ}29'45,49''N$   $7^{\circ}22'13,93''E$ ) Altitude 239 m:

Elle est située à Héliopolis à 5 Km au nord de la wilaya de Guelma et à 300 m de Kef El Bomba à coté de la route liée entre Guelma et Annaba. Elle est exploitée pour l'irrigation et tout type de consommation humaine. Son débit est actuellement en moyenne de 18 l/min **(Fig.9)**

- **Source (4)** Laghbal Bendjareh ( $36^{\circ}26'14,05''N$   $7^{\circ}22'54,56''E$ ) altitude 610m:

Elle se trouve dans la commune de Bendjerrah au Sud de la wilaya de Guelma et à distance de 31 Km, cette source est située près de l'usine de briqueterie. Elle est exploitée pour tout type de consommation humaine. Cette source donnant un débit exploité actuellement de 15 l/min. **(Fig.10)**

- **Source (5)** d'Ain Baida Sellaoua anouna ( $36^{\circ}23'04,83''N$   $7^{\circ}14'10,76''E$ ) Altitude 713m :

Elle est située à Sellaoua Anouna à environ 35 Km à l'Ouest de la wilaya de Guelma dans une zone montagneuse végétative. Elle est exploitée pour tout type de consommation humaine. Cette source donnant un débit exploité actuellement de 34.5 l/min. **(Fig.11)**



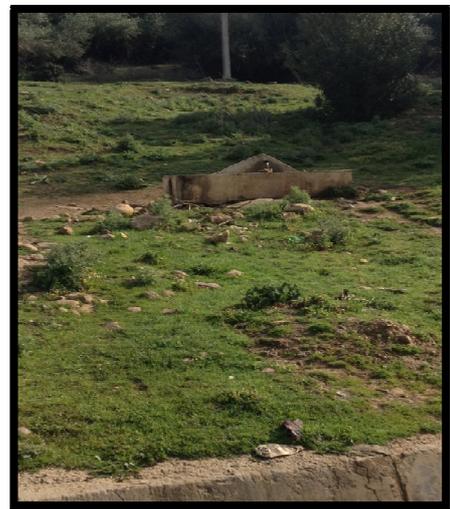
**Fig.9 : Photo de la Source (3).**



**Fig.10 : Photo de la Source (4).**



**Fig. 11: Photo de Source (5).**



**Fig7 :Photo de Source (1).**



**Fig.8 : Photo de Source (2).**

**NB : les Fig.(7-8-9-10-11) ce sont des photos personnelles prise le 17/04/2013 par Mr Khemis M**

## **1.2 : Les Prélèvements :**

Notre étude concerne essentiellement l'exposition de ces points d'eau aux pollutions liées à l'activité humaine, ainsi l'influence de la nature lithologique sur la composition chimique de ces eaux. Ces sources sont toutes situées sur les principaux axes routiers et dans des agglomérations. Ils sont donc à usage quotidien d'où la nécessité d'un suivi rigoureux de leur qualité bactériologique et physicochimique, et leur degré de potabilité ou de pollution. Pour cette étude on a réalisé 2 prélèvements (Mois Avril-Mois Mai) avec 10 échantillons d'eau de source distribués dans la région de Guelma.

### **1.2. A. Prélèvement de l'eau pour avoir la qualité physicochimique :**

L'échantillonnage destiné à la physico-chimie ne pose pas de problèmes particuliers. Des flacons plastiques (polyéthylène) sont suffisants et le volume du prélèvement est de un litre pour une analyse complète. L'échantillon peut être gardé quelques jours mais il est préférable d'effectuer le dosage des éléments chimiques le plus tôt possible. Les éléments tels les nitrates peuvent subir des modifications lors de la conservation. (Coulibaly, 2005).

A chaque échantillon, les flacons sont rincés d'abord avec l'eau à analyser puis ils sont remplis jusqu'au bord, rebouchonnés, étiquetés et conservés immédiatement dans une glacière portative avec une réserve de froid suffisante pour garder une température inférieure à 4°C, jusqu'à l'arrivée au laboratoire.

### **1.2. B. Prélèvement de l'eau pour avoir la qualité bactériologique :**

L'échantillonnage destiné à la bactériologie est prélevé à l'aide de flacons en verre pyrex munis de bouchons à vis, stériles (Derviche et al, 2008). Le flacon débouché et immergé complètement à une profondeur de 30 cm en position verticale renversée en le tenant par le fond : il est alors retourné jusqu'à ce que l'ouverture soit légèrement plus haute que le fond et dirigée dans le sens contraire du courant. Après le prélèvement, les flacons doivent être soigneusement rebouchés (Guiraud, 1998). Il est essentiel que les échantillons soient clairement étiquetés immédiatement avant les prélèvements et que les étiquettes soient lisibles et indétachables (Lightfoot, 2002).

Les échantillons sont transportés dans une caisse iso-thermique (4-6 °C) jusqu'à leur arrivée au laboratoire (**Haddad, 2004**). La teneur des échantillons en coliformes se modifie entre le moment du prélèvement et celui d'examen. Il est important donc de procéder à l'analyse le plus rapidement possible, de préférence dans l'heure suivante et en aucun cas après 24 heures (**Coulibaly, 2005**).

**1.3 : Nature et période de prélèvement :**

Nature prélèvements	De	Période de prélèvement	Type de prélèvements
Eau	De Source	Avril Mais	Analyse Physico Chimique et Bactériologique
Source 1 (S1)		14/04/2013 8H 15 Min 03/05/2013 8H 30 Min	//
Source 2 (S2)		14/04/2013 8H 45 Min 03/05/2013 9H 10 Min	//
Source 3 (S3)		14/04/2013 9H 34 Min 03/05/2013 10H 13Min	//
Source 4 (S4)		14/04/2013 10H 32Min 03/05/2013 11h 00Min	//
Source 5 (S5)		14/04/2013 11H 48Min 03/05/2013 11H 57 Min	//

### III. 2 : Analyses physico chimiques de l'eau de source :

On a pu réaliser l'analyse physique de l'eau sur terrain à l'aide d'un multi paramètre De marque (HANNA H/9812-5) qui mesure à la fois la température et le pH et la conductivité et qui nous a permis aussi de mesurer les deux paramètres chimiques l'oxygène dissous et la salinité sur terrain. Ils permettent une première estimation de la qualité du plan d'eau.

La lecture est faite après stabilisation de la valeur.

Et on a pu mesurer la turbidité de l'eau à l'aide des informations visuelles sur l'eau.

On a réalisé l'analyse chimique dans le laboratoire de chimie à l'université de 8 mai 1945 Guelma.

#### 2.1 : Paramètre Physique :

**\*La température (T) :** La température est le paramètre le plus important dans les analyses de l'eau. Elle a une influence directe sur le comportement de différentes substances contenues dans l'eau et à une grande influence sur l'activité biologique.

La température de l'eau n'a pas d'incidence directe sur la santé humaine (**Roux, 1987**).

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique et dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels. (**Rodier, 2005**).

La mesure de la température est effectuée sur le terrain à l'aide d'un multi paramètre de marque (HANNA H/9812-5). Nous lisons directement la température exprimée en degré Celsius (C°).

#### **\*La conductivité électrique (CE) :**

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau.

Conductivité est également fonction de la température de l'eau: elle est plus importante lorsque la température augmente. Elle s'exprime en micro siemens par centimètre **(Detay, 1993)**.

Généralement, elle est inférieure à 3000 mS. cm<sup>-1</sup>. Une conductivité électrique élevée est signe de pollution du cours d'eau **(Marc, 1999)**.

La qualité de l'eau en fonction de la conductivité est définie de la manière suivante :

Conductivité de 50 à 400 µS/cm .....Qualité excellente.  
 Conductivité de 400 à 750 µS/cm .....Bonne qualité.  
 Conductivité de 750 à 1500 µS/cm .....Qualité médiocre mais eau utilisable  
 Conductivité > de 1500 µS/cm .....Minéralisation excessiv  
 La mesure de la Conductivité est effectuée sur le terrain à l'aide d'un multi paramètre de marque (HANNA H/9812-5) . Nous lisons directement la Conductivité exprimée en degré en µS/cm.

**\*Le potentiel d'hydrogène (pH) :**

Le pH (potentiel Hydrogène) mesure la concentration en ions H<sup>+</sup> de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau. **(Castany et Margot, 1977)**.

La mesure du pH donne des renseignements importants sur la nature des eaux **(Detay, 1993)**

D'une façon générale, le pH des eaux naturelles est lié à la nature de terrains traversés, il varie habituellement entre 7,2 et 7,6. **(Rodier, 1996)**.

<u>classification des eaux d'après leur pH</u>	
pH < 5	-Acidité forte => présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
pH = 7	-pH neutre
7 < pH < 8	-Neutralité approchée => majorité des eaux de surface
5,5 < pH < 8	-Majorité des eaux souterraines
pH = 8	-Alcalinité forte, évaporation intense

La mesure du potentiel d'hydrogène (pH) est effectuée sur le terrain à l'aide d'un multi paramètre de marque (HANNA H/9812-5). Nous lisons directement le pH

**\*La turbidité :**

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspension finement divisées : argiles, limons, grains de silice, matières organiques, algues, micro-organismes, etc. C'est un paramètre important dans le contrôle de la qualité des eaux (**Rodier, 1984; OMS, 1986**). La mesure en continu de ce paramètre dans les eaux souterraines peut révéler une détérioration temporaire de la qualité de l'eau en fonctions de phénomènes liés à l'érosion, de l'intensité des crues, ou de l'importance des pompages. (**Thierrin et al., 2001**).

classes de turbidité usuelles (NTU, nephelometric turbidity unit)	
NTU < 5	Eau claire
5 < NTU < 30	Eau légèrement trouble
NTU > 50	Eau trouble
NTU	La plupart des eaux de surface en Afrique atteignent ce Niveau de turbidité

**2.2. Paramètre chimique :****2.2. A : Oxygène dissous (O<sub>2</sub>):**

L'eau absorbe autant d'oxygène que nécessaire pour que les pressions partielles d'oxygène dans le liquide et dans l'air soient en équilibre. La solubilité de l'oxygène dans l'eau est fonction de la pression atmosphérique (donc de l'altitude), de la température et de la minéralisation de l'eau : la saturation en O<sub>2</sub> diminue lorsque la température et l'altitude augmentent.

La mesure de l'oxygène dissous (mg/l ou en % saturation) est importante car elle permet de fournir des informations concernant la dégradation de substances organiques (réactions biochimiques), la provenance de l'eau, la mobilisation potentielle de certains métaux, etc. (**Thierrin et al. 2001**).

La mesure de la Concentration en O<sub>2</sub> est effectuée sur le terrain à l'aide d'un multi paramètre De marque (HANNA H/9812-5). Nous lirons directement la Concentration en O<sub>2</sub> dissous (mg/l). Saturation en O<sub>2</sub> dissous (%), qui est fonction de la pression et de la température.

**2.2. B : La salinité :**

« La salinité est le poids en grammes de résidu solide contenu dans un kilogramme d'eau De mer quand tous les carbonates ont été transformés en oxydes, le brome et l'iode remplacés par une quantité équivalente de chlorures, et que toute la matière organique a été complètement oxydée ».

De nos jours, la détermination de la salinité par leur méthode dite « par titrage de la chlorinité » est abandonnée au profit d'une mesure de conductivité de l'eau, plus facile à mettre en œuvre.

L'appareil utilise pour la mesure est Multi paramètres (HANNA H/9812-5) effectuée sur le terrain. .

Et les résultats sont exprimés en grammes de chlorure de sodium (Na Cl) par litre d'eau (**Boukrouma, 2008**)

**2.2. C : Dureté de l'eau :**

La dureté d'une eau est due principalement à la présence de sels de calcium et de magnésium sous forme de bicarbonates, de sulfates et de chlorures. C'est donc la concentration en ions alcalino-terreux, que l'on mesure globalement par le titre hydrotimétrique TH (**Detay, 1993**). La dureté s'exprime souvent en degré français (F°) selon le classement suivant:

0 à 7° :	eau très douce,-
0 à 14° :	eau douce-
14 à 20° :	eau moyennement dure,
20 à 30° :	eau assez dure,
30 à 50° :	eau dure,
50° et plus :	eau très dure.

**\*Détermination de la dureté totale :**

En pratique la dureté totale est défini par :  $[TH] = [Mg^{+2}] + [Ca^{+2}]$

**\*Méthode titrimétrie à l'EDTA :**

**Principe :** Les alcalinoterreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe du type chélate par le sel disodique de l'acide éthylène diamine tétracétique à pH 10. La disparition des dernières traces d'éléments libres à doser est décelée par le virage d'un indicateur spécifique, le noir ériochrome. En milieu convenablement tamponné pour empêcher la précipitation du  $Mg^{2+}$ , la méthode permet de doser la somme des ions calcium et magnésium. (Rodier, 1996, 2005).

**Mode opératoire :** Introduire 50 ml d'eau à analyser dans une fiole conique de 250 ml, ajouter 4 ml de solution tampon pH 10 et 3 gouttes d'indicateur au noir ériochrome T. La solution doit se colorer en rouge foncé ou violet, le pH doit être de 10 en maintenant une agitation, verser la solution d'EDTA rapidement au début puis goutte à goutte jusqu'au virage du violet au bleu. Noter le volume versé  $V_{EDTA}$ .

**Expression des résultats :**

La concentration totale en calcium et magnésium, exprimée en mmole/L est donnée par l'expression suivante :  $100 \times C_{EDTA} \times V_{EDTA} / E$ . E = volume en ml de la prise d'essai.

**2.2. D : Alcalinité :**

L'alcalinité d'une eau correspond à sa capacité à réagir avec les ions hydrogène ( $H^+$ ) qui est due à la présence des ions hydrogénocarbonate ( $HCO_3^-$ ), carbonate ( $CO_3^{2-}$ ) et hydroxyde ( $OH^-$ ). Elle dépend aussi des rejets urbains (phosphates, ammoniacaux, matières organiques,...) ou industriels (apport basiques ou acides). Elle peut donner une indication sur le degré d'oxydation des composés organiques, et elle permet de connaître les concentrations en bicarbonates, carbonates et éventuellement en hydroxydes (bases fortes) contenus dans l'eau.

**\*Détermination de l'alcalinité totale et composite :**

**Méthode titrimétrie :** Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré. (Rodier, 2005).

**Mode opératoire :**

- Alcalinité composite (TA) :

Introduire à l'aide d'une pipette 100 ml d'eau à analyser dans un Erlene Meyer et ajouter 1 à 2 gouttes de solution alcoolique de phénophtaléine. - Si aucune coloration rose n'est obtenue, considérer l'alcalinité composite comme nulle. - Si une coloration rose est obtenue, titrer avec l'acide sulfurique. Jusqu'à une disparition de la coloration (pH. 8,3). Noter le volume V ml d'acide versé.

**- Alcalinité totale (TAC) :**

Utiliser l'échantillon traité précédemment s'il n'y a pas en coloration. Ajouter 2 gouttes de solution de méthylorange et titrer de nouveau avec le même acide jusqu'au virage du jaune au jaune orangé (pH 4,3). Noter le volume V' ml d'acide versé.

**Expression des résultats :**

- **TA :  $V \times 10$**  Exprime le titre alcalimétrique en milligramme par litre.

- **TAC :  $(V' - 0,5) \times 10$**  Exprime le titre alcalimétrique complet en milligramme par litre.

**2.3 : Les éléments de la pollution :**

**2.3.1 : Les éléments majeurs :**

• **A/ Le Calcium ( $Ca^{+2}$ ) :**

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches sous forme des carbonates, composant majeurs de la dureté de l'eau et qui est généralement l'élément dominant des eaux potables. Sa teneur est liée directement à la nature géologique des terrains traversés. Il existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, de chlorures, etc... (**Rodier, 1996**).

La présence des ions de calcium dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles, soit la dissolution de formations gypseuses  $CaSO_4$  et la dissolution des formations carbonatées  $CaCO_3$  (**Saadali, 2007**). L'influence de calcium sur la santé de l'individu a été souvent discutée. Cependant, les chercheurs et les études statistiques ont montré qu'il n'y aurait pas de relation dose effet avec la teneur de cet élément dans l'eau. Les eaux potables, de bonne qualité, renferment de 100 à 140 mg/l de calcium soit 150 à 200mg/l en CaO ou 250 à 350 mg/l en  $CaCO_3$ . (**Rodier, 1996**).

**Détermination de Ca<sup>+2</sup> :****Méthode titrimétrie à l'EDTA :**

A l'aide d'une pipette, introduire 50 ml d'eau à analyser dans une fiole conique de 250ml. Ajouter 3 ml de la solution d'hydroxyde de sodium et 2 à 3 gouttes de la solution de bleu d'ériochrome. La solution doit se colorer en rouge foncé ou violet. Titrer immédiatement avec l'EDTA jusqu'au virage du violet au bleu. **Expression des résultats :** La concentration de calcium, en mg/l est donnée par la formule suivante :

$$C_{Ca^{2+}} = V_{EDTA} \times N \times 20/E \times 1000. N = 1/50. E = \text{volume en ml de la prise d'essai.}$$

**•B/ Le Magnésium (Mg<sup>+2</sup>) :**

Le magnésium est l'un des éléments le plus répandu dans la nature; il constitue environ 2,1% de l'écorce terrestre. La plupart de ses sels sont très solubles dans l'eau (Rodier, 1996). Ses origines sont comparables à celle du calcium, car il provient de la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium (Magnésite et dolomites). (Debieche, 2002). Il constitue un élément significatif de la dureté de l'eau.

**Détermination de Mg<sup>+2</sup> :**

**Méthode par calcul :** Le magnésium est estimé par la différence entre la dureté et le calcium exprimés en CaCO<sub>3</sub> mg /l. (Rodier, 2005).

$$[TH] = [Mg^{2+}] + [Ca^{2+}] \quad [Mg^{2+}] = [TH] - [Ca^{2+}].$$

**•C/ Les chlorures (Cl) :**

Le chlorure est un sel mobile, non toxique, très répandu dans la nature sous forme de sels de sodium (NaCl), de potassium (KCl), et de calcium (CaCl<sub>2</sub>). La présence de chlorures dans les eaux naturelles peut être attribuée à la nature des terrains traversés, à la pénétration de l'eau de mer dans les régions côtières, de manière naturelle ou par intervention humaine par pompage excessif, à la pollution provenant des rejets urbains et industriels. Chacune de ces sources de pollution peut contaminer localement les eaux souterraines et les eaux superficielles. (Chaoui, 2007).

Un surdosage en chlorures dans l'eau, peut être à l'origine d'une saveur désagréable surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium. Au-delà d'une concentration de 200 mg/l de chlorure, des risques peuvent s'apercevoir sur le plan sanitaire (Bouziani, 2000).

**Dosage des ions chlorures :****Méthode argentrimétrique (Norme NF T 90- 014) :**

**Principe :** Les ions chlorure sont précipités à l'état de chlorure d'argent par une solution titrée de nitrate d'argent ( $\text{AgNO}_3$ ). L'indicateur de fin de réaction est le chromate de potassium ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) qui, en présence d'un excès d'ions d'argent, forme un précipite rouge. A l'aide d'une pipette jaugée, introduire 100 ml d'eau à analyser dans un Erlene Meyer de 250 ml. Vérifier à la phénolphtaléine, autrement dit l'absence de coloration rose après ajout de 2 à 3 gouttes de cet indicateur. Ajouter 1 ml de chromate de potassium et doser par l' $\text{AgNO}_3$  jusqu'au virage à la teinte brunâtre. Noter le volume versé  $V_{\text{AgNO}_3}$  ml. **(Rejsek, 2002).**

**Expression des résultats :** La concentration de chlorure, en mg/l est donnée par la formule suivante :  $C_{\text{Cl}^-} = V_{\text{AgNO}_3} \times N \times 35,5 \times 1000/E$ .  $N = 1/50$ .  $E =$  volume en ml de la prise d'essai.

**• D/ Les sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ):**

La concentration en ions de sulfates des eaux naturelles est très variable. Dans les terrains ne contenant pas une proportion importante de sulfates minéraux, elle peut atteindre 30 à 50 mg/l, mais ce chiffre être largement dépassé et peut atteindre jusqu'à 300 mg/l dans les zones contenant du gypse ou lorsque le temps de contact avec la roche est très élevé. La combustion des produits fossiles (charbon, fuel) et l'utilisation des hydrocarbures émettant des composés soufrés contribuent à la formation des pluies acides avec une augmentation de la teneur en sulfates et sous l'action de bactéries sulfite-réductrices, peuvent se former des sulfures donnant lieu à des précipités de sulfure de fer dans certains terrains contenant des sulfures métalliques (fer, cuivre... etc.). **(Ramade, 1982).**

**Dosage de sulfate :****Méthode néphélométrique :**

**Principe :** Les sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique à l'état de sulfate de baryum. Le précipité ainsi stabilisé à l'aide d'une solution de "Tween 20" ou de polyvinyl-pyrrolidone. Les suspensions homogènes sont mesurées au spectromètre.

**Etablissement de la courbe d'étalonnage :** Le mode opératoire est donné en annexe.

**Mode opératoire :** Introduire 39 ml d'eau à analyser dans un tube à essai, ajouter 1 ml d'acide chlorhydrique au 1/10 et 5 ml de la solution de chlorure de baryum. Agiter énergiquement et laisser reposer 15 minutes. Agiter de nouveau et faire les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 650 nm.

**Expression des résultats :** Pour une prise d'essai de 39 ml, la courbe donne directement la teneur de sulfates exprimée en milligramme de  $\text{SO}_4^-$  par litre d'eau.

- **E/ Bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ) :**

La présence des bicarbonates dans l'eau est due à la dissolution des formations carbonatées (cipolin, calcaire) par des eaux chargées en gaz carbonique. La concentration des bicarbonates est calculée selon la relation suivante :  $[\text{HCO}_3^-] = \text{TAC (F}^\circ) \times 12,2$  (Rodier, 1996). TAC: Alcalinité totale  $1 \text{ F}^\circ = 10 \text{ mg/l}$

- **F/ Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) :**

Les nitrates,  $\text{NO}_3^-$ , sont des ions minéraux nutritifs solubles dans l'eau, qui sont directement assimilables par les plantes. Ils sont ajoutés au sol soit directement par les agriculteurs soit indirectement par le fumier ou le purin. A cause de leur bonne solubilité dans l'eau, les nitrates sont facilement éliminés du sol en direction de la nappe phréatique, en particulier quand le sol est en jachère, par exemple en hiver (**Bliefert et al., 2001**). Ils sont généralement l'indice d'une pollution. (**Detay, 1993**). On trouve des teneurs en nitrates au-dessus de la normale dans la nappe phréatique dans les cas suivants : - Lorsqu'on a utilisé trop d'engrais ou que l'engrais a été répandu à une mauvaise période; - Lors d'un élevage intensif d'animaux; - Lors de culture spéciales à haut rendement et de plantation de légumes;

-Sols contenant peu de plantes

- Sols légers perméables. (**Bliefert et al. 2001**)

**Mode opératoire :** Introduire 10 ml d'eau à analyser dans une capsule de 60 ml. Alcaliniser faiblement avec la solution d'Hydroxyde de sodium, ajouter 1 ml de solution de Salicylate de sodium. Evaporer à sec dans une étuve portée à  $75-80^\circ\text{C}$ . Laisser refroidir. Reprendre le résidu par 2 ml d'acide Sulfurique concentré. Attendre 10 minutes, ajouter 15 ml d'eau bi distillée puis 15 ml de la solution d'Hydroxyde de sodium et de Tartrate double de sodium et de potassium qui développe la couleur jaune. Effectuer la lecture au spectromètre à la longueur d'onde de 420nm.

Expression des résultats : Pour une prise d'essai de 10 ml, la courbe donne directement la teneur en nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) exprimée en mg/l d'eau.

- **G/ Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) :**

Les nitrites constituent une étape importante dans la métabolisation des composés azotés. Ils s'insèrent dans le cycle de l'azote entre l'ammoniaque et les nitrates. Leur présence est due, soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque, soit à la réduction des nitrates. Ils ne représentent qu'un stade intermédiaire et sont facilement oxydés en nitrates, leur présence dans les eaux

Dosage de nitrite : Prendre 50 ml d'eau à analyser, ajouter 1 ml de solution de Sulfanilamide (réactif I) et mélanger. Laisser reposer 2 à 8 min, puis ajouter 1 ml de la solution N-Naphtyl-Ethylène-Diamine (Réactif II) et mélanger à nouveau. Attendre 10 min et effectuer les mesures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 543 nm en cuve de 10 cm. (Aminot et al, 1982). naturelle est faible. Une eau contenant des nitrites est à considérer comme suspecte car cette présence est souvent liée à une détérioration de qualité microbiologique (Rejesk, 2002).

- **H/ L'ion ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) :**

L'ion ammonium représente la forme ionisée de l'azote ammoniacal, sa présence dans les eaux profondes résulte le plus souvent de la décomposition anaérobie de matières organiques azotées. On les trouve souvent à des teneurs variant entre 0,1 à 0,2 mg/l. (Detay, 1993).

Dosage de l'ammonium :

Mode opératoire : Prendre 50 ml d'eau à analyser directement dans le flacon à réaction, ajouter 3 ml du réactif I (solution de Phénol-Nitroprussiate), boucher et agiter pour bien homogénéiser, puis ajouter 1,5 ml du réactif II (solution alcaline d'hypochlorite), boucher et agiter à nouveau. Placer immédiatement à l'abri de la lumière pendant 6 à 8 h à températures ambiantes. Mesurer l'absorbance à 630 nm. (Aminot et al., 1982).

### **III. 3 : Analyse bactériologique de l'eau de source :**

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

Actuellement, le contrôle bactériologique de l'eau est basé sur la technique de filtration sur membrane. Cependant cette technique n'a pas été utilisée dans le présent travail et ceci suite au manque de moyens. Le travail c'est limité à la recherche sélective de certaines bactéries au détriment d'autres selon la disponibilité des milieux de cultures et des réactifs.

### 3.1. Analyse quantitative :

#### 3.1.1. Dénombrement de la microflore aérobie mésophile totale (germes totaux) :

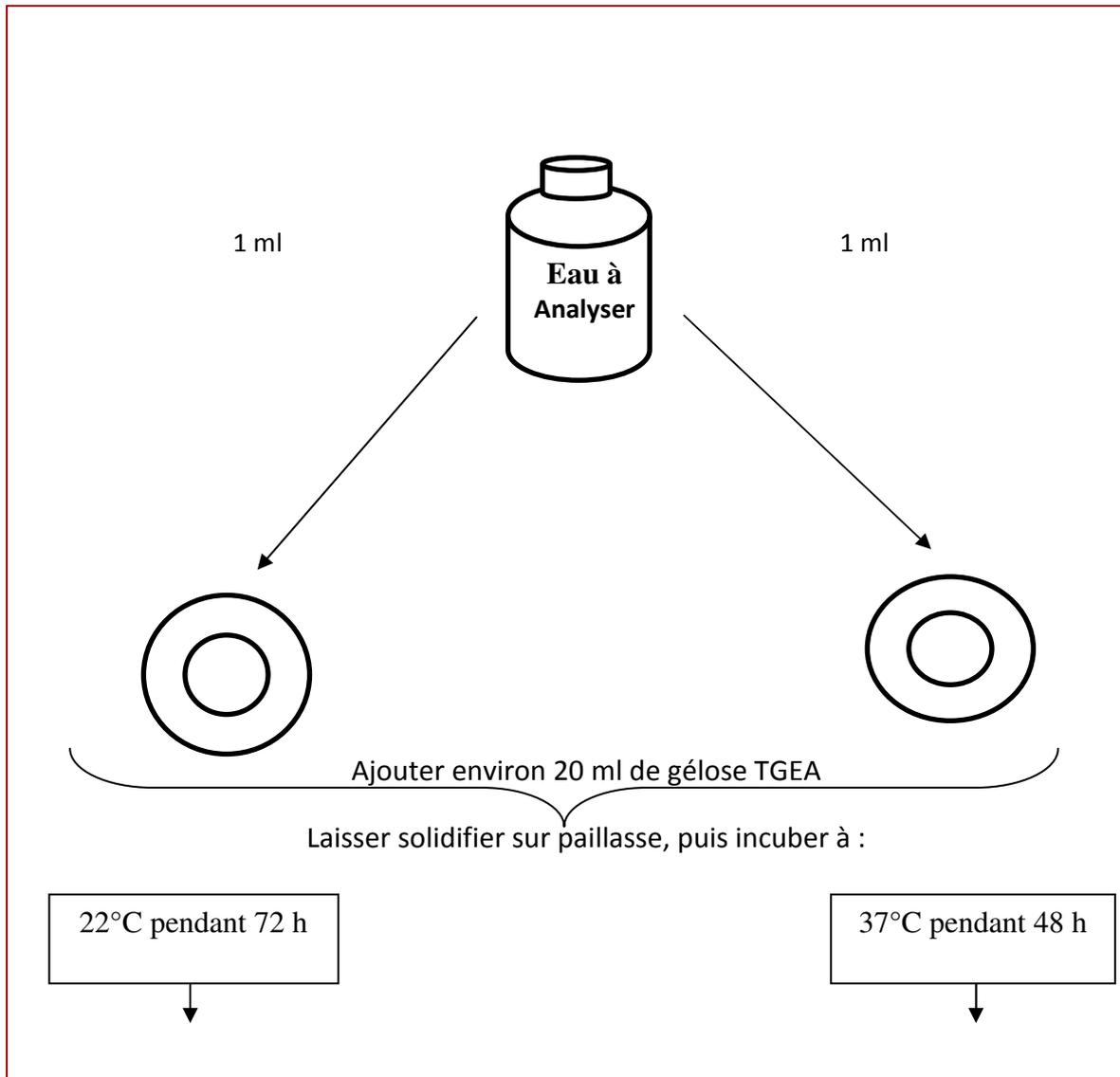
- **Mode Opérateur**

A partir de l'eau à analyser (SM), porter aseptiquement 1 ml en double dans deux boîtes de Pétri vides, numérotées et préparées à cet usage comme l'indique le schéma (**Fig.12**). Compléter ensuite avec environ 19 ml de gélose TGEA fondue puis refroidie à  $45 \pm 2^\circ\text{C}$ .

- Faire ensuite des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose, sur une surface fraîche et horizontale.
- Les boîtes seront partagées en deux séries distinctes :
  - La première série sera incubée à  $22 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant  $68 \pm 4$  heures.
  - La seconde série sera incubée à  $36 \pm 2^\circ\text{C}$ , pendant  $44 \pm 4^\circ\text{C}$  heures (**Lebres et al, 2006**).

- **Lecture :**

Les colonies de microorganismes revivifiables apparaissent en masse sous formes lenticulaires et bien distinctes. Retenir les boîtes contenant moins de 300 colonies. Il faut qu'une boîte renferme au moins 15 colonies.



**Fig.12 : Dénombrement des micro-organismes revivifiables à 22 et à 37°C dans les eaux. (Labres *et al*, 2008).**

### 3.1.2. Dénombrement des indicateurs de contamination fécale (coliformes totaux, fécaux et streptocoques fécaux) par la méthode de colimétrie (fermentation en tubes multiples) :

- **Principe :**

La technique du NPP fait appel à la méthode de fermentation en tubes multiples (Roux, 2003). Son principe consiste à ensemer de nombreuses prises d'essai d'un même échantillon et/ou de dilutions de celui-ci dans des tubes de milieu de culture liquide.

Les prises d'essai de l'échantillon ou des dilutions, sont donc incorporées dans des séries (3 série) de 3 à 5 tubes par série, de milieu non véritablement sélectif : c'est le test de présomption (croissance ou non).

On enseme une deuxième série de tubes de milieu plus sélectif en repiquant les tubes ayant donné un résultat positif dans les premières séries : c'est le test de confirmation (Tandia, 2007).

La lecture des tubes inoculés et la détermination du nombre des germes se fait par détermination du Nombre le Plus Probable (NPP) (Rajonson et al, 1992), qui n'est qu'une estimation statistique du nombre de bactéries qui, plus probablement qu'un autre, donnerait les résultats observés; il ne s'agit pas du nombre réel de bactéries présentes.

- Mode opératoire :

- A. Dénombrement des coliformes totaux et coliformes thermotolérants :**

- Tests présomptifs

Nous prenons 5 tubes de Bouillon Lactosé au Bromocrésol Pourpre (BCPL), simple concentration, munis d'une cloche de Durham. Après l'avoir homogénéisée soigneusement, prélever 1 ml d'eau à analyser à l'aide d'une pipette Pasteur et la porter dans le premier tube de la série de dilution (10-1). après homogénéisation du contenu de tube (10-1), avec une nouvelle pipette Pasteur, prélever 1 ml et ensemer le tube (10-2), et ainsi de suite jusqu'au tube (10-5). Changer à chaque fois de pipette (Bourgeois et Leveau, 1980). (Fig.13)

- Tests confirmatif

La confirmation de la présence de coliformes est réalisée à partir des tubes d'inoculation positifs, sur un milieu plus spécifique: milieu de Schubert. L'incubation à 44°C pendant 24 h (Guiraud, 1998).

On ajoute quelques gouttes de réactif Kowacks dans les tubes montrant un trouble. Une réaction considérée positive correspond à la formation d'anneau rouge (**Mazieres et al. 1980**). (**Fig. 13**)

### **B. Dénombrement des streptocoques fécaux :**

#### ▪ Tests présomptifs

Leur recherche est effectuée sur le milieu Rothe (**Bricha et al. 2007**), suivant le même procédé décrits pour les CT (mais avec des séries de trois tubes). L'incubation à 37°C pendant 24 h. (**Fig. 14**)

#### ▪ Tests confirmatifs

A partir des tubes de Rothe positifs, on effectue une subculture sur milieu EVA Litsky à 37°C pendant 24 h. Le milieu d'Eva-Litsky n'est qu'un milieu de Rothe additionné d'éthyle-violet. La présence de streptocoques se traduit par un trouble plus ou moins important et la formation d'une pastille violette (blanchâtre) au fond du tube (**Roux, 2003**). (**Fig. 14**)

#### • Expression des résultats

La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du Mac Craddy. (Annexe)

### **3.1.3. Dénombrement des spores des anaérobies sulfite réducteurs (ASR) :**

Les spores des bactéries sulfite-réductrices (ASR) se présentent sous forme de bactéries Gram positif, qui en se développant en 24 à 48 heures à 37°C, en gélose profonde viande foie (VF) ; donnant des colonies typiques de couleur blanche entourées d'une auréole noire.

Celle-ci témoigne de la réduction du sulfite de sodium ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) qui est déjà existant dans le milieu ; en sulfure qui en présence du  $\text{Fe}^{2+}$  donne  $\text{FeS}$  (sulfure de fer) de couleur noire. **Pechère. (1982), Labres et al. (2008)**.

Ce résultat constitue un indice de contamination ancienne. (**Rejsek. 2002**).

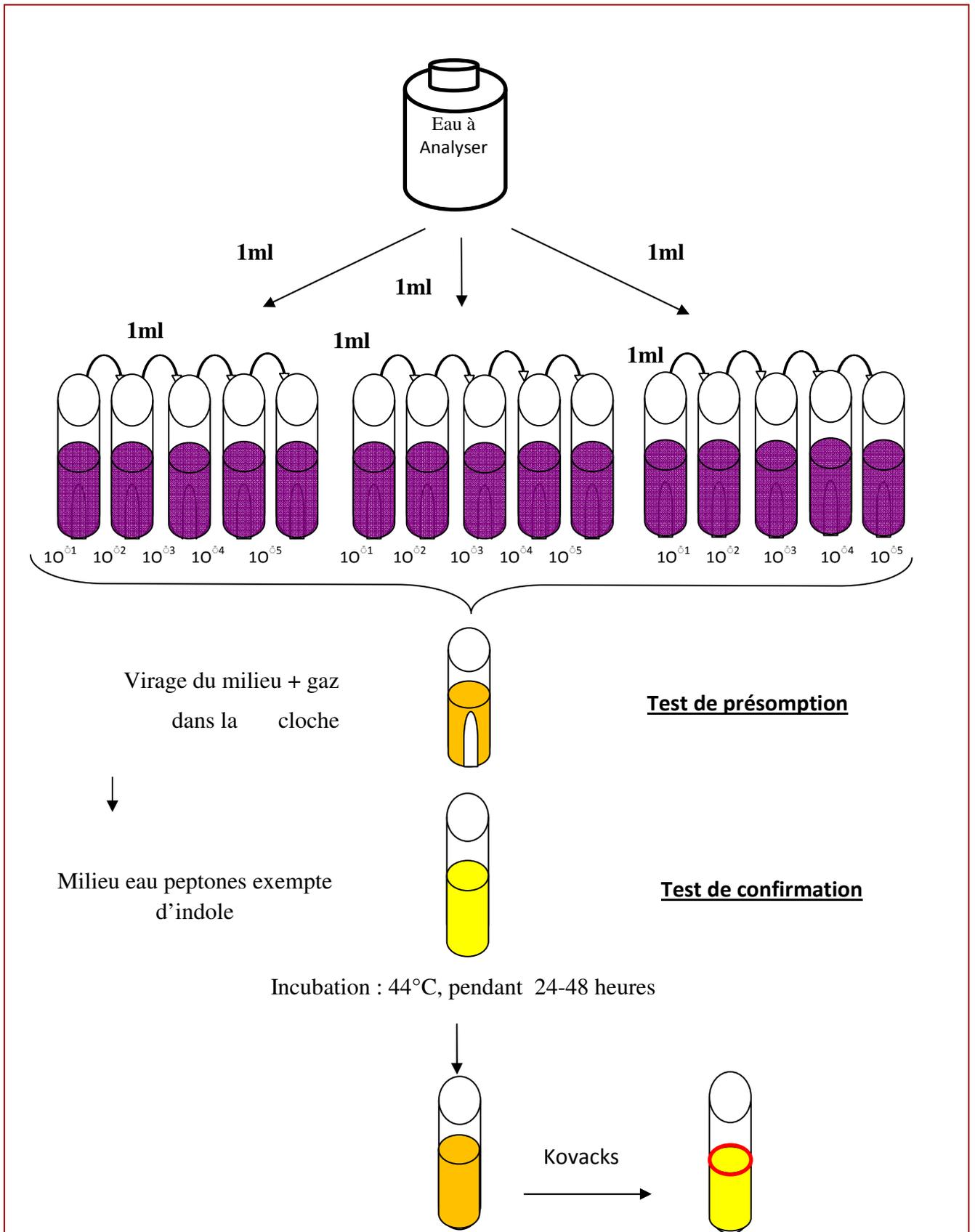
Méthode par incorporation en gélose en tubes profonds.

#### • Mode opératoire :

A partir de l'eau à analyser :

- Transférer environ 25 ml dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de 75°C pendant 15 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des bactéries anaérobies sulfito-réductrices éventuellement présentes.
- Après chauffage, refroidir immédiatement le flacon destiné à l'analyse, sous l'eau de robinet.
- Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5 ml par tube.
- Ajouter environ 18 à 20 ml de gélose Viande Foie, fondue puis refroidie à  $47 \pm 1^\circ\text{C}$ , additionnée de leurs additifs spécifiques.
- Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant d'introduire des bulles d'air.

Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes environ, puis incuber à  $36 \pm 2^\circ\text{C}$ , pendant  $44 \pm 4$  heures (**Labres et al, 2008**) (**Fig.15**).



**Fig. 13 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux et les coliformes thermotolérants.**

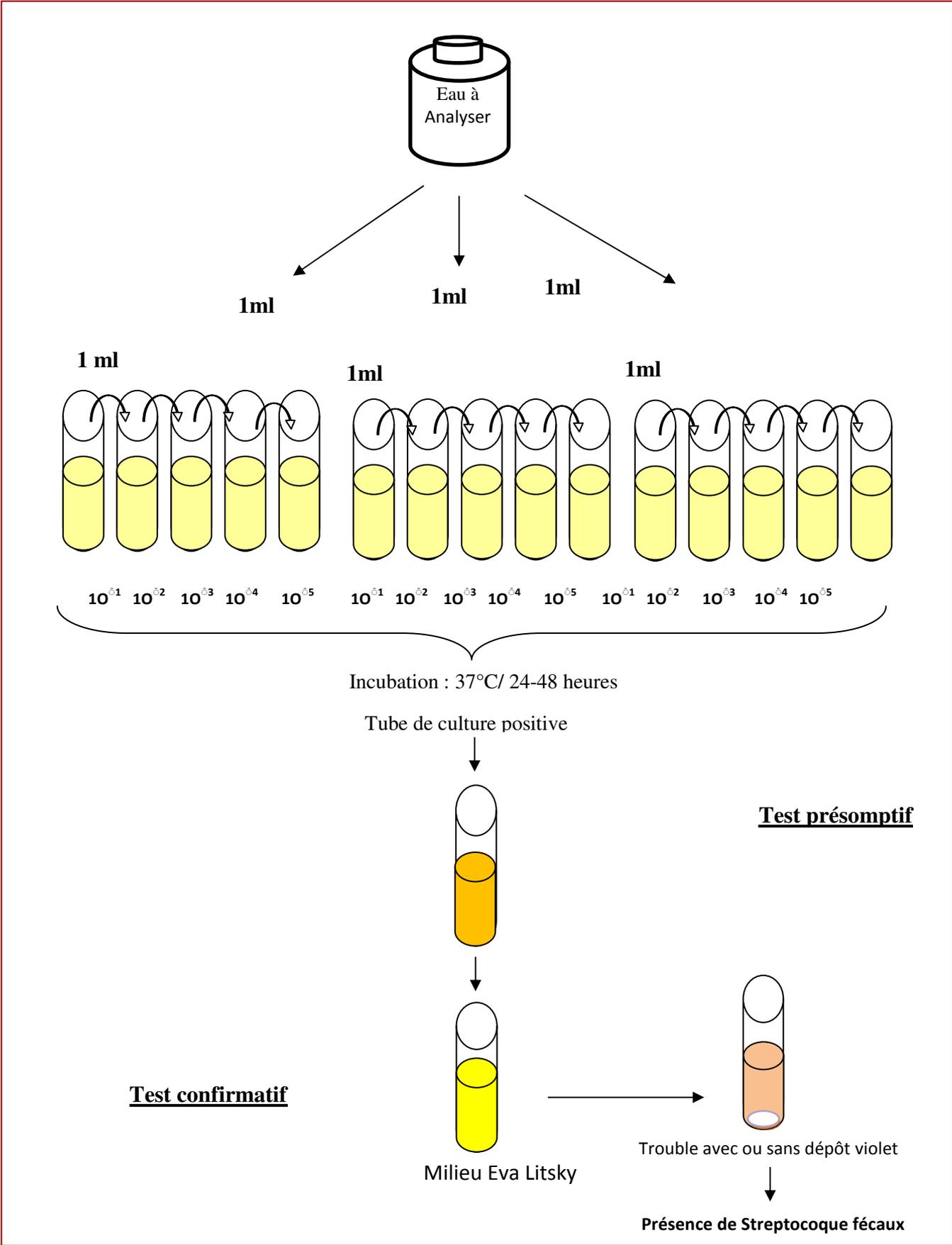
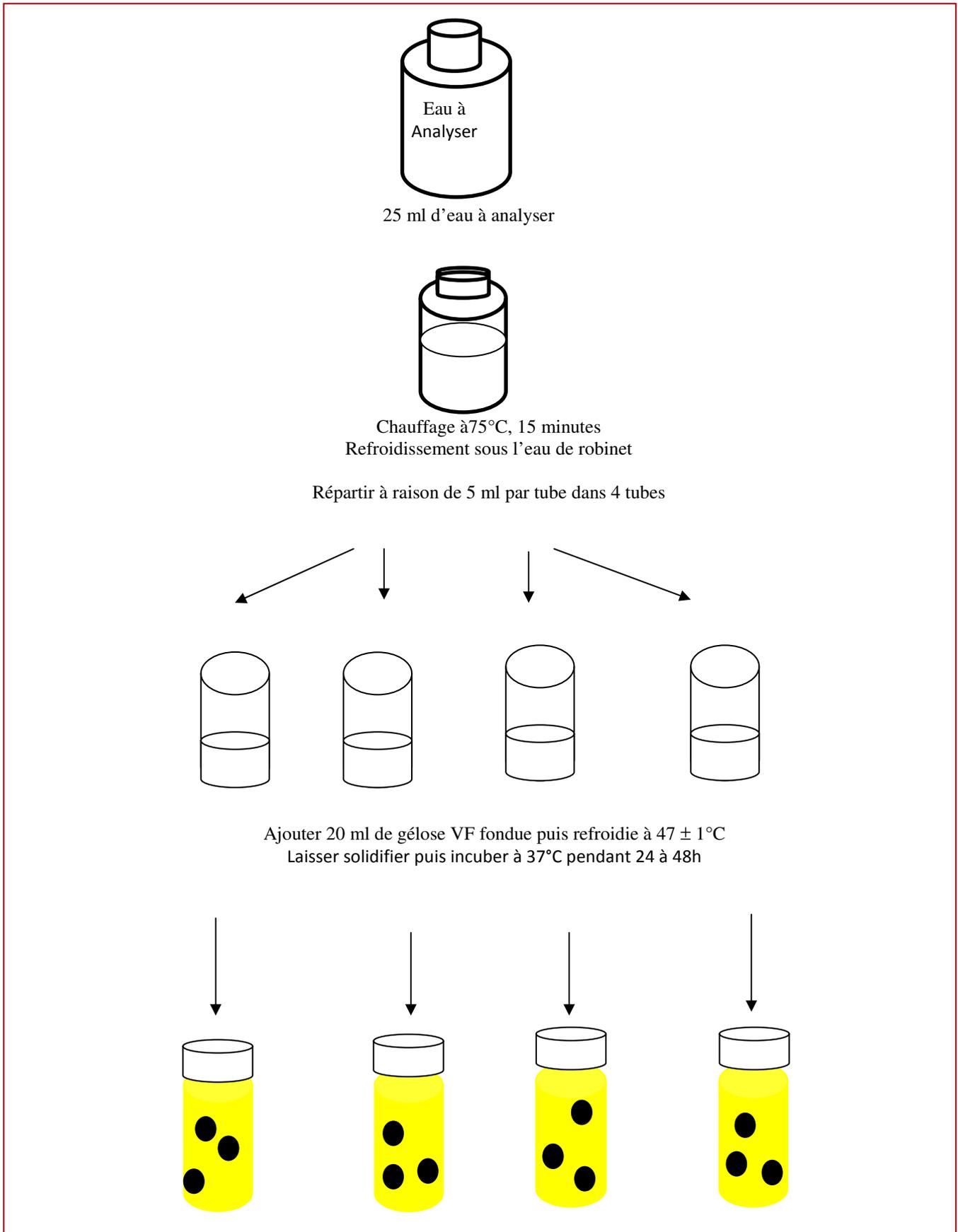


Fig.14: Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux.



**Fig.15 : Recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfite réducteurs (ASR).**

### 3.2. Recherche des germes pathogènes:

Les germes recherchés sont choisis, dans les limites des moyens disponibles. Les germes recherchés sont *Salmonella*, Staphylocoques pathogènes

#### 3.2.1. Recherche des Salmonelles:

Les Salmonelles sont des bactéries entériques en forme de bâtonnets, anaérobies facultatives, Gram négatif, mobiles pour la plupart avec des flagelles péritriches. Et qui produisent du sulfure d'hydrogène.

Se développent à une température de 37°C pendant 24 à 48 heures sur milieu Hektoen, formant ainsi de petites colonies lisses à contours réguliers, pigmentées en vert ou en bleu vert à centre noir.

Les Salmonelles se divisent en deux grands groupes : les mineures et les majeures qui sont hautement pathogènes. **Pechère et al. (1982), Carbonnelle. (1988), Labres et al. (2008).**

- **Principe :**

La méthode de recherche de cette bactérie, découle de deux données :

- d'une part leur présence en nombre relativement faible dans les eaux, ainsi que leur difficulté d'y survivre.
- d'autre part, l'existence habituelle d'un nombre important de germes d'accompagnement d'origine fécale ou non fécale.

Ces constatations entraînent l'obligation d'utiliser des milieux d'enrichissement sélectifs dans le but d'inhiber le développement des autres bactéries (**Rodier et al, 1996**).

- **Mode opératoire:**

- a. Enrichissement:**

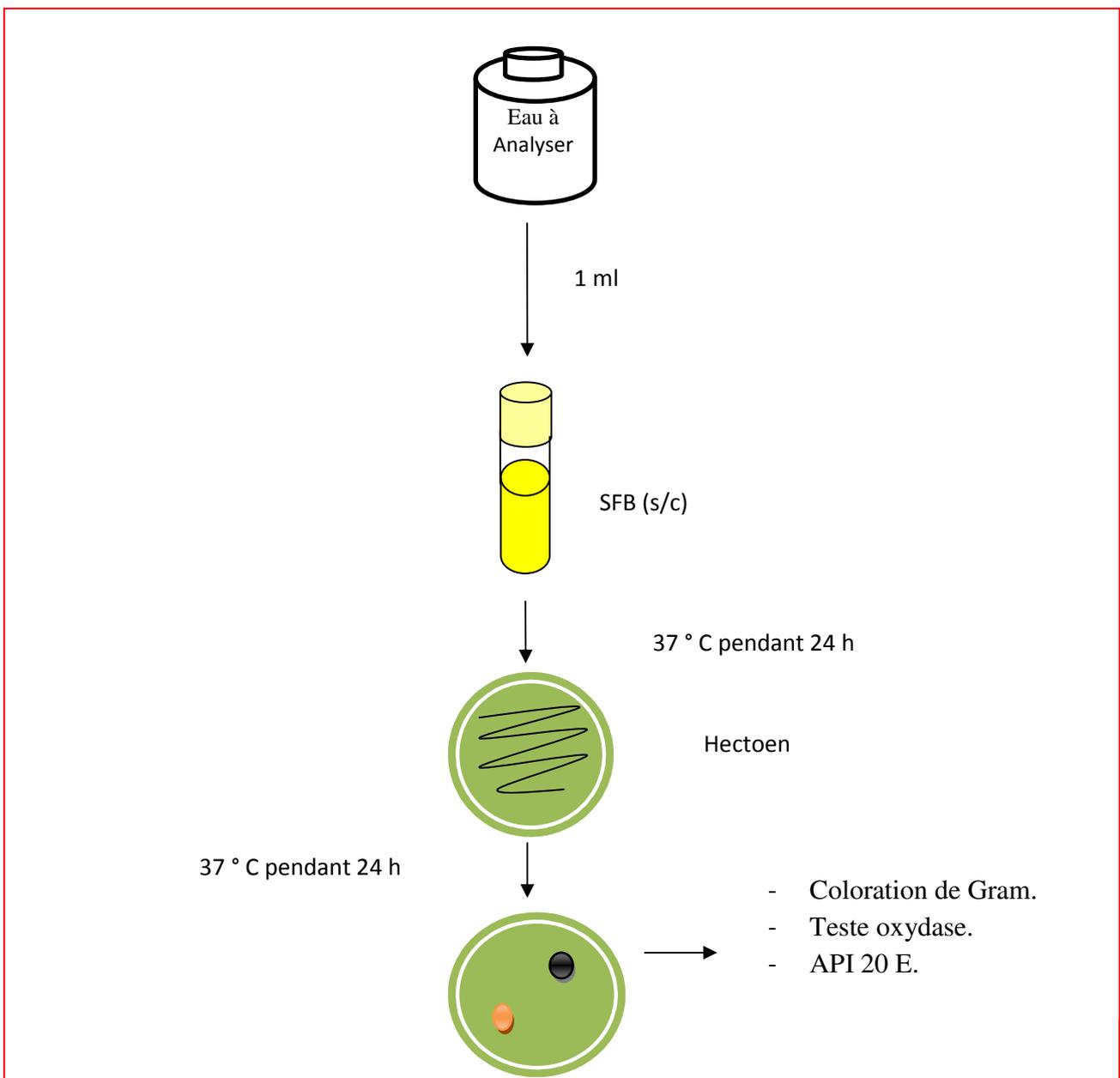
Introduire 1ml de l'échantillon d'eau dans 10 ml de S.F.B.Incuber à 37°C pendant 24 h (**Ait Hamlet, 1998**).

**b. Isolement :**

À partir du bouillon d'enrichissement, effectuer des isolements sur le milieu Hektoen. Incuber à 37°C pendant 24h à 48h (Rodier et al, 1996).

**C/ Identification:**

Après l'incubation les colonies qui sont Lactose négatif sur Hektoen vont subir une observation macroscopique, une coloration de Gram et enfin une identification biochimique (API 20 E). (Fig.16)



**Fig.16 : Recherche et identification des salmonelles.**

**Recherche des Staphylocoques pathogènes (*Staphylococcus aureus*):**

Les staphylocoques à coagulase positive ; sont des bactéries qui se représentent sous forme de cocci à Gram positive, sphériques, isolées ou regroupées formant ainsi des grappes de raisin, possédant l'enzyme catalase et la coagulase.

Ils sont capables de se développer en 24 à 48 heures à 37°C sur un milieu sélectif Chapman au mannitol. **Pechère et al. (1982), Carbonnelle. (1988), Labres et al. (2008).**

L'espèce type du genre est *Staphylococcus aureus*. Elle est pathogène et la plus redoutée.

- **Mode opératoire :**

- a. **Isolement**

Le milieu Chapman permet l'isolement sélectif de *Staphylococcus* sur la base d'une tolérance à une forte teneur en Na Cl, et la différenciation de l'espèce *Staphylococcus aureus* par la mise en évidence de la dégradation du mannitol et l'élaboration fréquente d'un pigment (Marchal; 1982). Ensemencer une boîte de milieu Chapman. Incuber a 37° C pendant 24 h.

- b. **Identification**

- **Test catalase**

Une goutte d'eau oxygéné plus une colonie prélevée du milieu Chapman déposer sur une lame et le dégagement immédiat de bulles gazeuses ce traduit par la présence d'une catalase (Marchal;1982).



- **Test staphylocoagulase**

A partir des colonies suspectes (*Staphylococcus aureus*) sur milieu Chapman ensemencer un bouillon cœur-cerveau et incuber à 37°C pendant 18h. Puis mélanger dans un tube stérile 0,5ml du plasma de lapins oxalatés est incubés à 37° C pendant 24 h (**Diagnostiques Pasteur, 1987**). (**Fig.17**)

### 3. Tests d'identifications complémentaires :

- **Coloration de Gram**

- **Préparation du frottis**

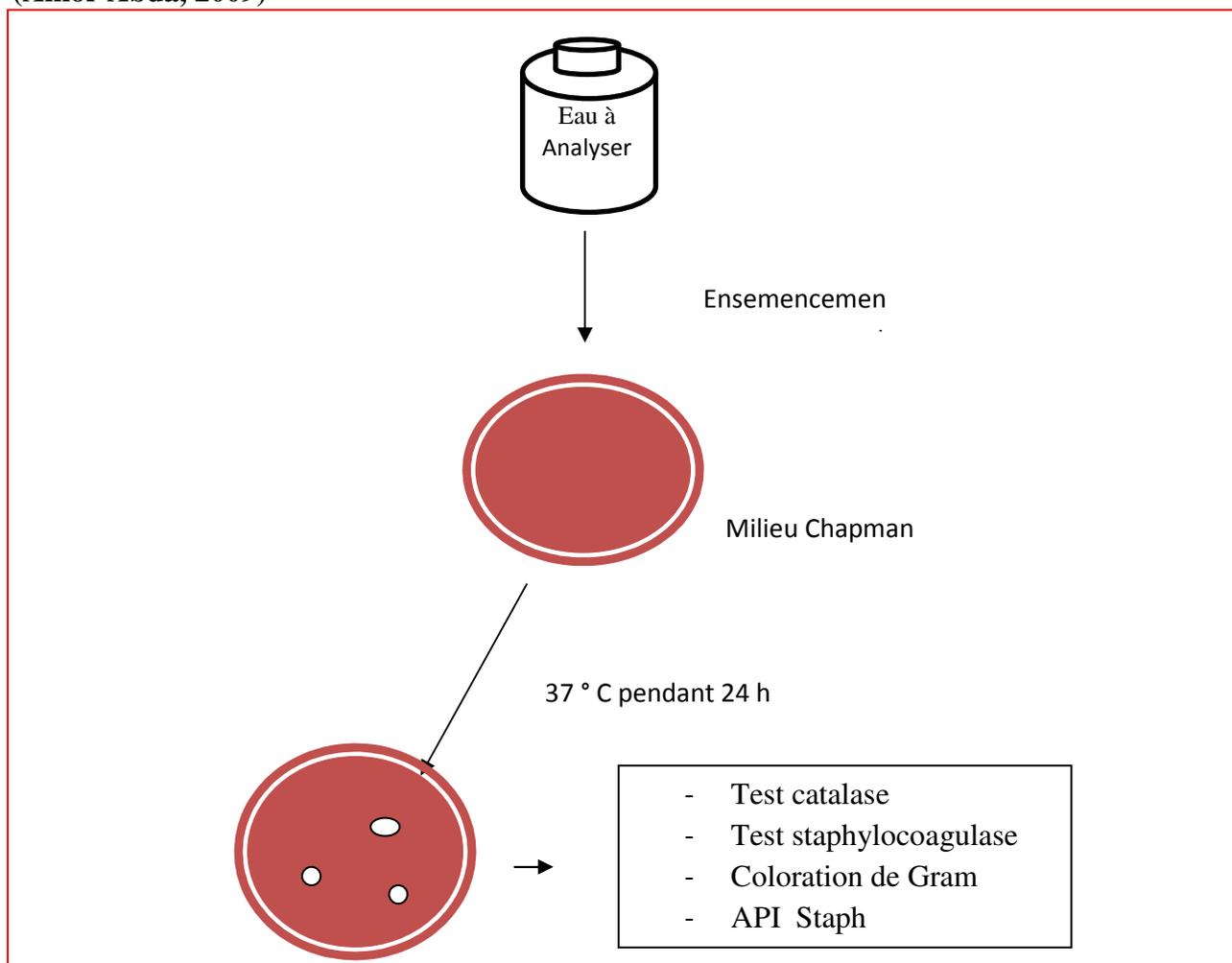
- Faire un repiquage des bactéries en milieu liquide ou solide. Recueillir les bactéries des cultures jeunes du dépôt (après centrifugation de la culture liquide) ou directement du milieu solide avec une anse ou un fil et mélanger dans une goutte d'eau stérilisée.

- Faire un frottis sur une lame en étalant une goutte de la suspension microbienne.

- Laisser sécher le frottis.

- Ensuite, faire la fixation en passant rapidement la lame 3 fois à l'intérieur de la flamme d'un bec Bunsen ou par une technique équivalente.- Après refroidissement, faire la coloration.

(Amor Abda, 2009)



**Fig. 17: Recherche et identification des Staphylocoques pathogènes (*S. aureus*).**

### **Coloration**

- Verser sur le frottis fixé quelques gouttes de solution de violet de Gentiane.
- Laisser agir pendant 1 minute et laver avec de l'eau.
- Verser 1 à 2 gouttes de la solution de lugol. Laisser agir pendant 30 secondes.
- Laver avec de l'eau et sécher sur papier filtre.
- Verser l'alcool à 95% vol., laisser agir pendant 30 secondes. Rincer avec de l'eau et sécher sur papier filtre.
- Verser quelques gouttes de solution de fushine, laisser agir pendant 30 secondes.
- Laver avec de l'eau et sécher sur papier filtre.
- Déposer sur le frottis coloré une goutte d'huile d'immersion.
- Observer au microscope avec l'objectif à immersion en champs clair. (Amor Abda, 2009)

#### **▪ API Staph**

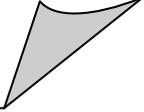
La galerie API Staph comporte 20 microtubes contenant des substrats déshydratés. Les microtubes sont inoculés avec une suspension bactérienne réalisée en API Staph Medium qui Reconstitue les tests. Les réactions produites pendant la période d'incubation se traduisent par Des virages colorés spontanés ou révélés par l'addition de réactifs. La lecture de ces réactions se fait à l'aide du Tableau de lecture et l'identification est obtenue

À l'aide du tableau d'identification. (4)

#### **▪ API 20 NE**

La galerie API 20 NE se compose d'une galerie constituée de 20 microtubes contenant milieux et substrats sous forme déshydratée. Les tests conventionnels sont inoculés avec une suspension bactérienne saline qui reconstitue les milieux. Les réactions produites durant la période d'incubation se traduisent par des virages colorés spontanés ou révélés par l'addition de réactifs. Les tests d'assimilation sont inoculés avec un milieu minimum et les bactéries cultivent seulement si elles sont capables d'utiliser le substrat correspondant. La lecture de ces réactions se fait à l'aide du Tableau de lecture et l'identification est obtenue à l'aide du tableau d'identification. (4)

**CHAPITRE IV :**  
**Résultats et**  
**discussion**



La qualité naturelle des eaux souterraines peut être altérée par l'activité humaine. La détérioration de la qualité de l'eau est appréciée par mesures des paramètres physico-chimiques et bactériologiques. Dans le cas d'une détérioration jugée importante, l'eau ne sera plus considérée comme potable « consommation humaine ». Elle pourra être telle quelle utilisée à d'autres fins (irrigation...) ou devra subir un traitement approprié pour retrouver sa potabilité. L'eau des nappes n'est donc pas à l'abri de la pollution et l'auto-épuration naturelle n'est pas complète dans toutes les nappes et vis-à-vis de certaines substances.

### 1. Analyses bactériologique :

#### 1.1. La flore mésophile totale :

Le nombre des germes totaux, dénombrée au niveau des cinq sources d'études (S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> et S<sub>4</sub> et S<sub>5</sub>) est résumé dans le tableau suivant.

**Tab.2** : Nombre des germes totaux.

<b>Germe Totaux</b>	<b>Avril</b>	<b>Mai</b>
<b>S1</b>	70 UFC	7800 UFC
<b>S2</b>	800 UFC	4800 UFC
<b>S3</b>	0	53400 UFC
<b>S4</b>	1300 UFC	6400 UFC
<b>S5</b>	0	5200 UFC

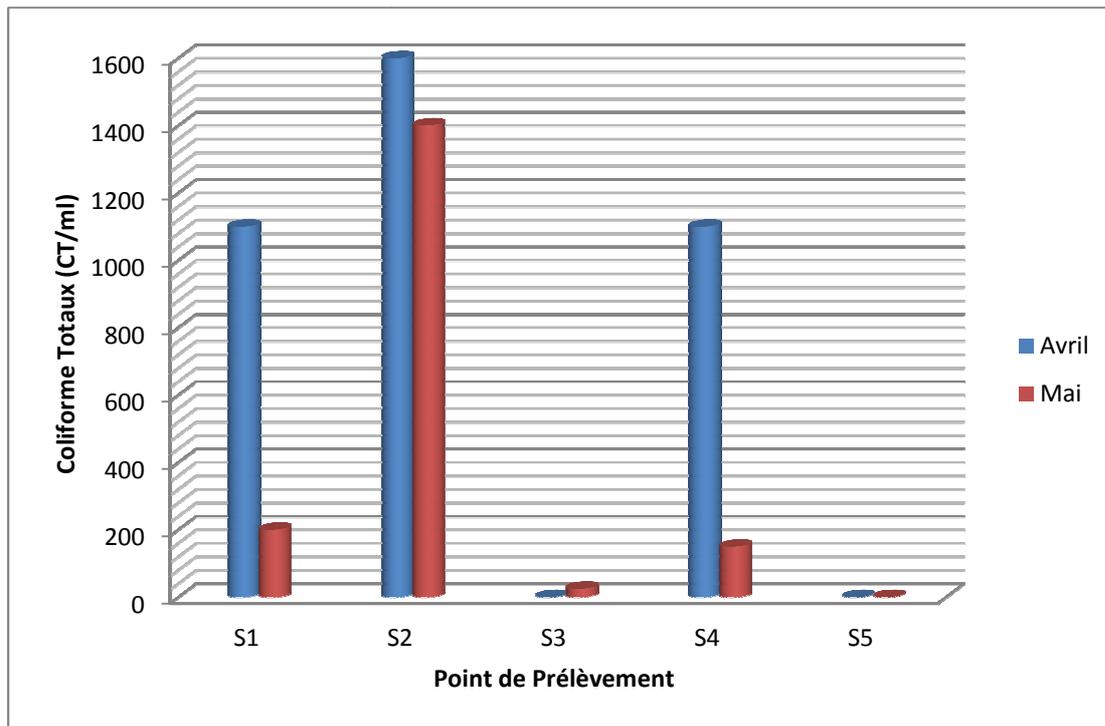
\*UFC : Unité formant colonie.

La flore totale isolée des cinq sources d'eau est importante; elle atteint son maximum au niveau de la station (S3), avec une valeur de 53400 UFC/ml. Ces valeurs fluctuent considérablement au niveau des cinq points au cours de toute la période de l'étude.

#### 1.2. Les coliformes totaux

Le groupe des coliformes totaux est utilisé depuis la fin du 19<sup>e</sup> siècle comme indicateur de la qualité microbienne de l'eau ; parce qu'il peut être indirectement associée à une pollution d'origine fécale. La présence de coliformes totaux dans l'eau traitée, ou le dépassement des normes réglementaires n'implique pas nécessairement un risque pour la santé publique.

En effet, la plupart des espèces de ce groupe se trouvent naturellement dans le sol ou la végétation. (Edberg *et al.* 2000).



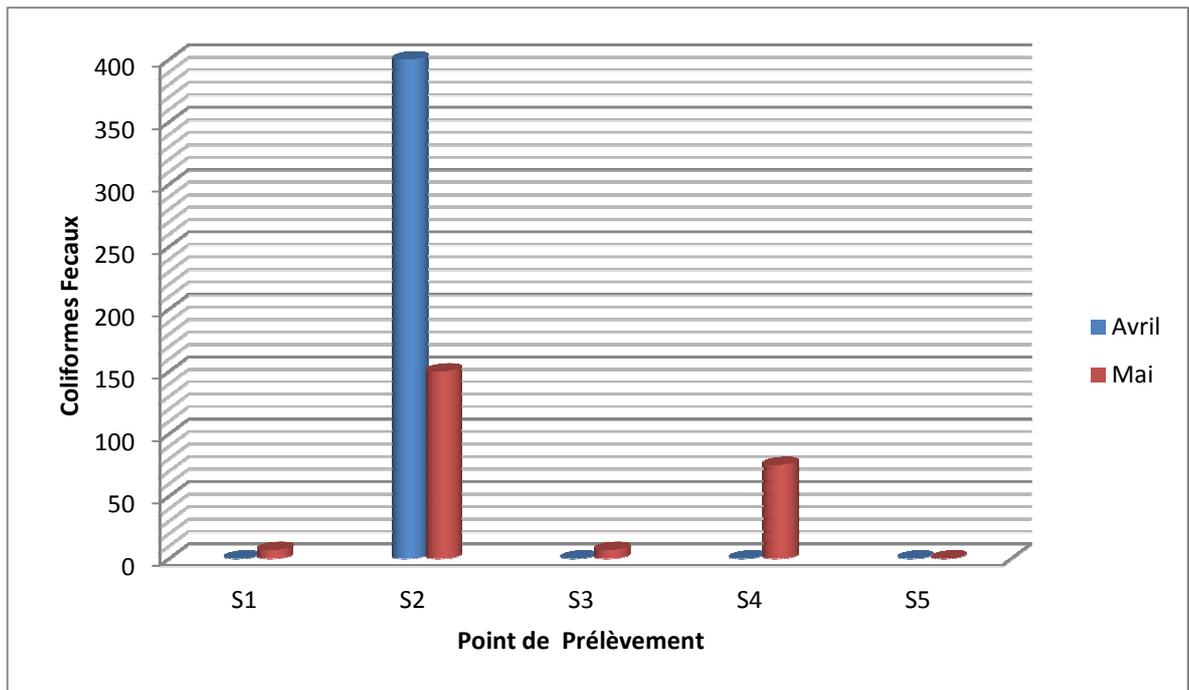
**Fig.18** : Estimation du nombre des coliformes totaux.

Durant la première campagne de prélèvement (mois d'avril), Nous avons notés un nombre de Coliforme Totaux qui atteint une valeur maximale de 1600 (CT/ml) dans la deuxième station (S2 'Belkheir) tandis que la valeur minimale enregistrée était de 0 (CT/ml) dans les stations 3 et 5 (Héliopolis/Sellaoua). D'autres part lors de la campagne de prélèvement du mois de Mai nous avons enregistré une valeur maximale de Coliformes Totaux égal à 1400ct/ml, alors que la valeur minimale a été enregistrée dans la station 5 est de 0 CT/ml. Cette forte charge de Coliformes totaux trouvée dans certaines des stations (S1 –S2) est due à leur localisation au bord de la route, l'exposant au trafic routier des personnes et des passagers (déchet domestique et la pollution fécale) qui menace c'est source d'eau

### 1.3. Les coliformes fécaux

Bien que la présence des coliformes fécaux témoigne habituellement d'une contamination d'origine fécale ; plusieurs coliformes fécaux ne sont pas d'origine fécale. C'est pourquoi il serait approprié d'utiliser le terme générique « coliformes thermotolérants » plutôt que celui de « Coliformes fécaux ». (OMS. 1994, Robertson. 1995).

Ils sont aussi de bons indicateurs de l'efficacité du traitement de l'eau ; mais comme leur nombre est moins élevé que celui des coliformes totaux ; ces derniers leur sont préférables pour cette fonction. (Robertson. 1995).



**Fig.19** : Estimation du nombre des coliformes fécaux.

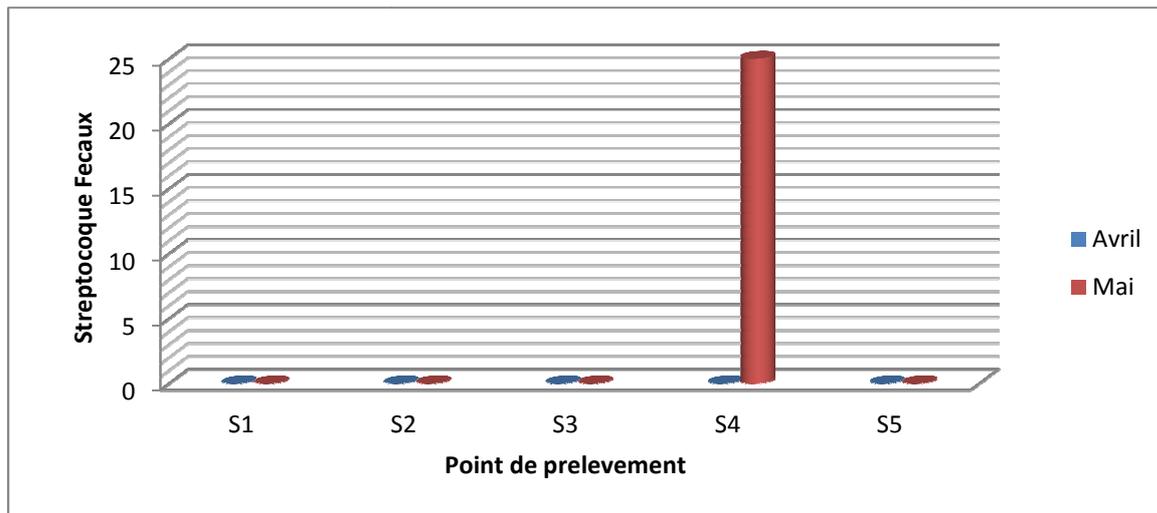
Durant le premier prélèvement nous avons noté un nombre de Coliformes fécaux qui a atteint une valeur maximale de 400 (CF/ml) (S2), tandis que la valeur minimale enregistré était de 0 CF/ml dans les quatre stations retente (S1-S3-S4-S5) cela est due au manque de traitement appliqué aux les cinq sources.

D'autre part lors de la compagne de prélèvement du mois de Mai nous avons enregistré une valeur maximale de Coliformes fécaux dans la (S2) de 150 (CF/ml). On remarque qu'une leger diminutions par rapport au premier prélèvement du moi d'avril due au traitement de l'eau.

Selon les deux graphes précédant on remarque que le nombre des coliformes totaux est plus élevé que celui des coliformes fécaux ce qui est logique

#### 1.4. Les Streptocoques Fécaux

Les streptocoques ne sont pas forcément associés aux coliformes car les coliformes sont uniquement présents lorsque la contamination est en cours ou très récente. Ils témoignent d'une contamination fécale d'origine animale.



**Fig.20 :** Estimation du nombre des streptocoques fécaux.

Durant nos campagnes d'échantillonnage, nous avons enregistré la présence des Streptocoques fécaux dans une seule station de prélèvement, en l'occurrence la station (S4) ou nous avons noté 25 (SF/ml) cette valeur est due probablement au déchet animaux (élevage des bovins), On remarque aussi une absence totale des Streptocoques fécaux dans toutes les autres stations (S1-S2-S3-S5). Cela peut être traduit par l'efficacité du traitement appliqué sur ces quatre sources.

### 1.5. Les anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) :

Les spores des ASR constituent généralement des indices d'une ancienne contamination. Dont les résultats négatifs déduisent l'absence du genre sulfito-réducteurs *Clostridium sp* ; responsable du botulisme et du tétanos. (Hamlaoui *et al* 2011)

**Tab.3 :** Dénombrement des Anaérobies Sulfito-Réducteurs

	Avril	Mai
<b>S1</b>	abs	11
<b>S2</b>	abs	10
<b>S3</b>	abs	10
<b>S4</b>	abs	25
<b>S5</b>	abs	0

Nous avons noté une absence totale des Anaérobies Sulfito-Réducteurs durant notre premier prélèvement en Revence durant le deuxième prélèvement (mois de mai) et un maximum enregistré dans la source (S4) avec 25 spores/20ml.

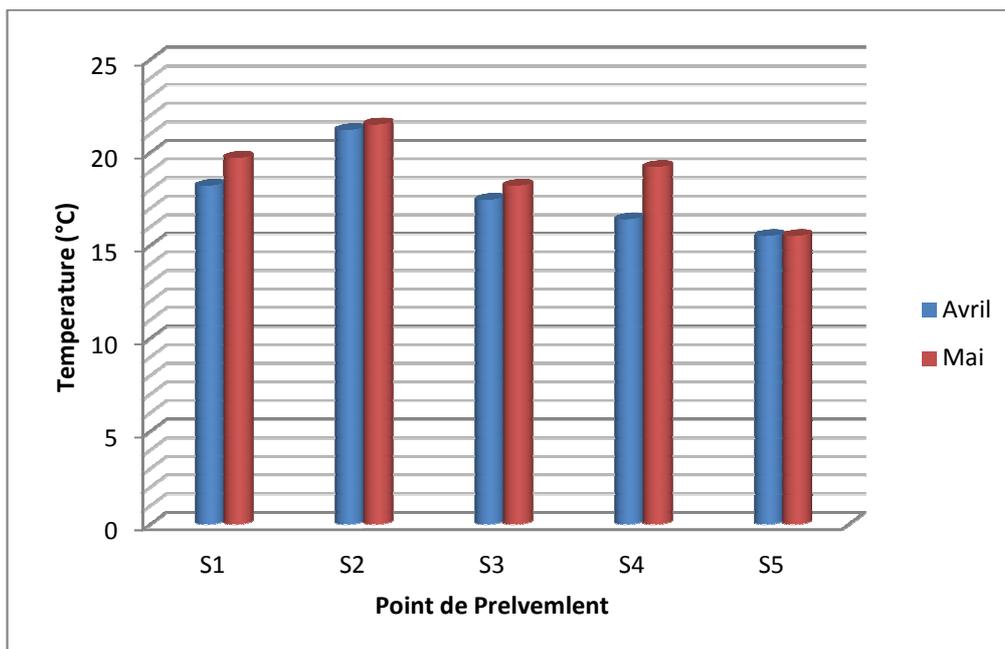
### 2. Analyses physico-chimiques :

Les analyses physico-chimiques de l'eau de sources de notre étude ont montrés une grande variation des concentrations des éléments chimiques dont certaines dépassent les normes décrites par l'OMS pour les eaux destinées à la consommation humaine. (Hamlaoui *et al* 2011)

#### 2.1. Les paramètres physiques :

##### 2.1.1. La température (T°C):

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision, Elle joue un rôle important dans l'augmentation de l'activité chimique des bactéries, et elle joue un autre rôle important dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductibilité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels, etc. (Rodier. 1978).



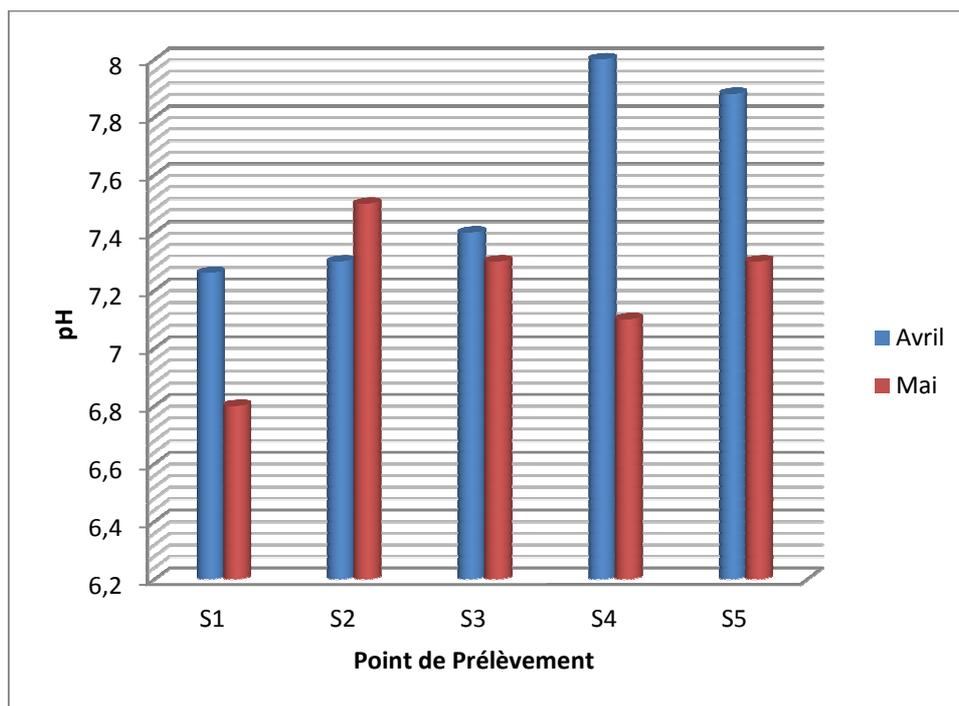
**Figure.21** : Evolution de la température dans les points de prélèvements.

L'analyse *in situ* de la température dans nos sites, de prélèvement durant (Avril-Mai) nous on permet d'enregistrer une valeur maximale de 21° C dans la station (S2) durant le deuxième prélèvement (Mai), et une valeur minimale de 15° C dans la station (S5).

Ces valeurs de la température due à l'influence du climat qui agit d'une façon direct sur la température de l'eau

### 2.1.2. Le pH

Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés. Il donne une indication sur l'acidité ou l'alcalinité d'une eau. Du point de vue sanitaire, un pH élevé peut Provoquer un problème de corrosion alors qu'un pH faible peut modifier le gout de l'eau. (5)



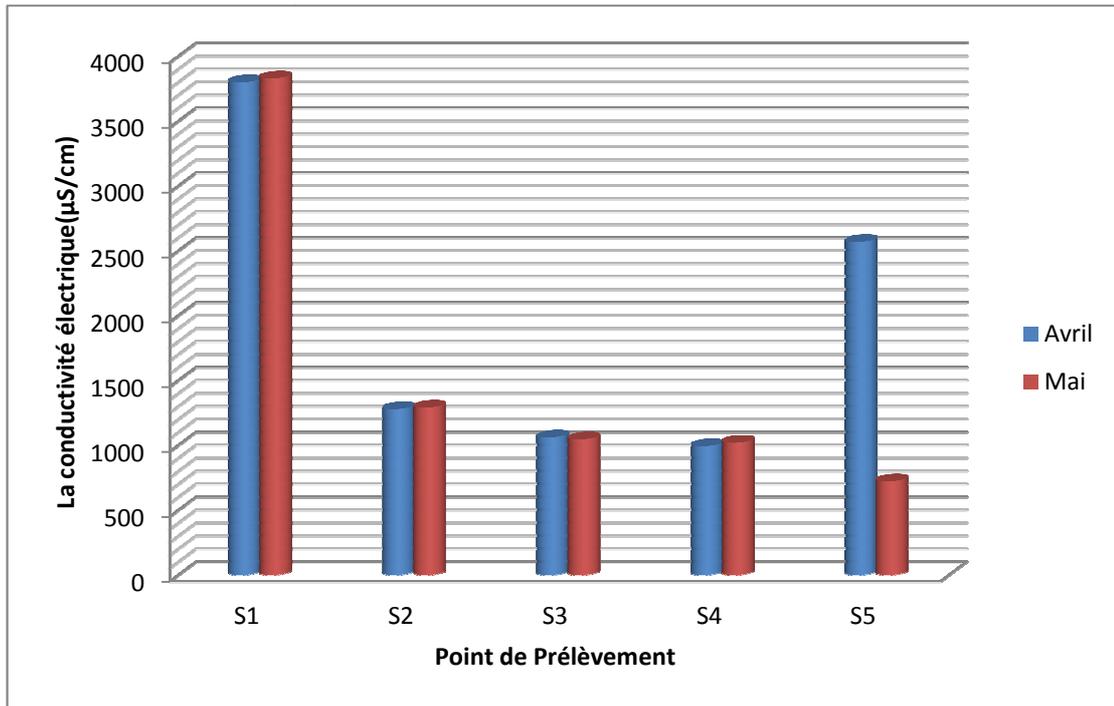
**Fig22** : Evolution du pH dans les points de prélèvements.

Le pH enregistré durant notre période de prélèvement d'étude varie entre (6,4 et 8), est considéré comme normale étant donné le pH des eaux de source sont de nature neutre.

### 2.1.3. La 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 conductivité mesurée dans les sites de prélèvement varie entre une valeur minimale de 723 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) à la station (S5) au deuxième prélèvement (mois de mai), et une valeur maximale de 3830 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) qui est enregistré à la station (S1). Ces valeurs indiquent que notre eau est chargée en ions minéraux (cation, anion) traduisent la valeur enregistrée *in situ*.

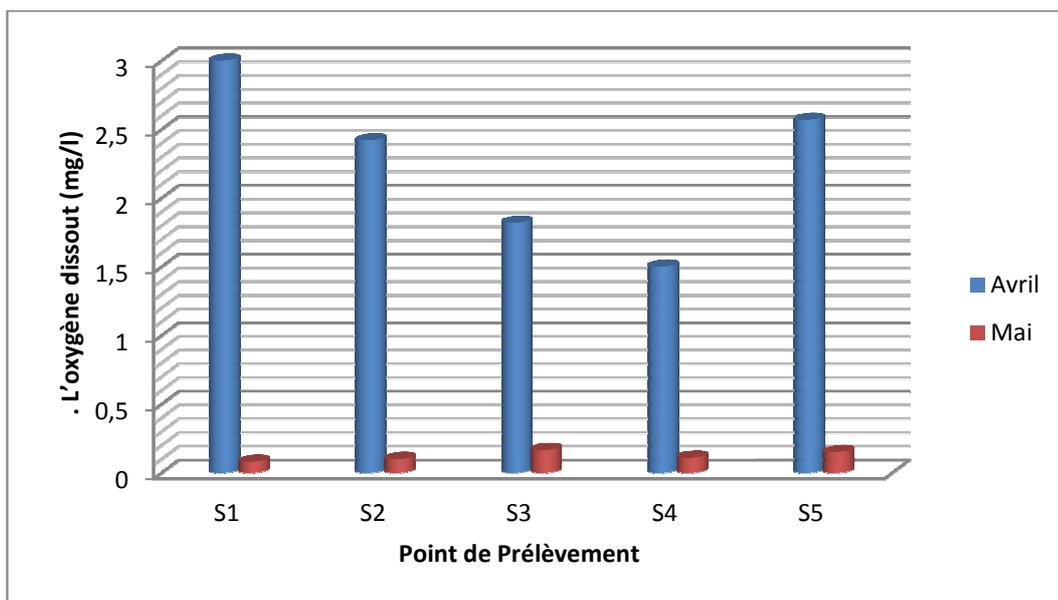


**Fig.23** : Variation de la conductivité dans les points de prélèvements.

#### 2.1.4. L'oxygène dissout:

La solubilité de l'oxygène dans l'eau est fonction de la pression atmosphérique (donc de l'altitude), de la température et de la minéralisation de l'eau : la saturation en O<sub>2</sub> diminue lorsque la température et l'altitude augmente.

La valeur maximale de la concentration de l'oxygène dessous de l'eau analysé atteint 3mg/l durant le premier prélèvement pour la station (S1).



**Fig.24** : Concentration de l'oxygène dissout dans les points de prélèvements.

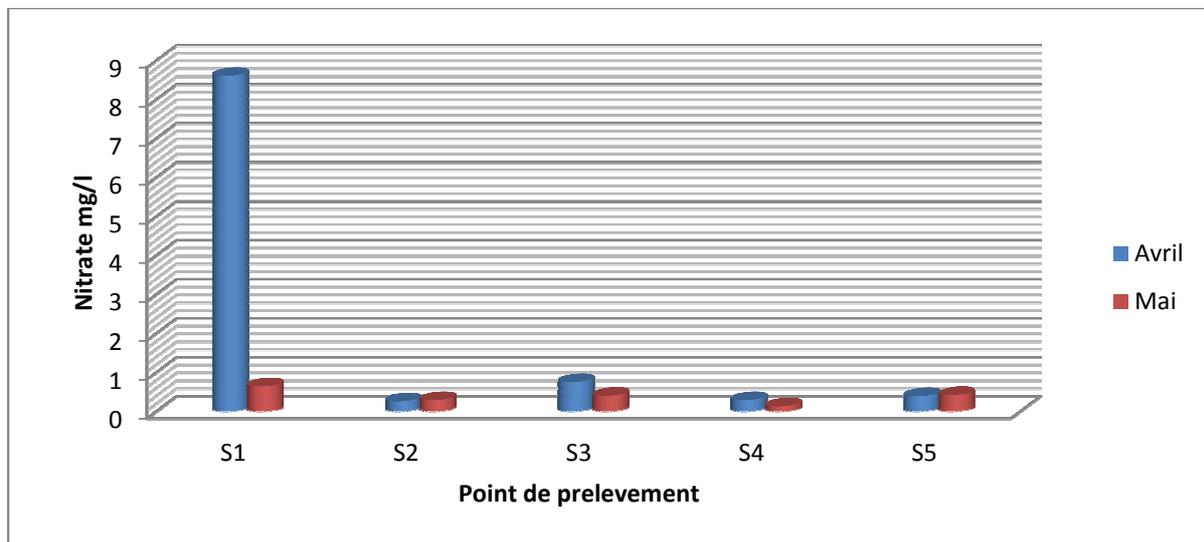
**2.2. Les paramètres chimiques (ions majeurs) :**

**2.2.1. Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) :**

Les ions nitrates représentent la forme la plus oxygénée de l'azote. C'est une forme très soluble. Sa présence dans les eaux souterraines est liée à l'utilisation intensive des engrais chimiques.

La concentration des Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) enregistré ne dépassent pas les normes d'écrites par la législation algérienne, sauf durant le premier prélèvement du Mois d'Avril ou nous avons enregistré une valeur de 8.6 (mg/l) dans la station S1 (Boumahra Ahmed).

Cette valeur est due à l'utilisation intensive des engrais, De plus cette région et réputée pour être une région à vocation agricole



**Fig.25 :** Variation en teneurs de Nitrates dans les eaux de sources.

**2.2.2. Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) et Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) :**

Considéré comme un élément toxique, le  $\text{NO}_2^-$  est la forme la moins stable dans le cycle de l'azote. Il est issu de la réduction de l'ammonium  $\text{NH}_4^+$ , Son origine est liée à l'agriculture et aux rejets urbains et industriels.

L'ammonium est la forme d'azote la plus toxique. Sa présence dans l'eau est liée soit aux rejets urbains et industriels, soit à la réduction des formes azotées (nitrates et nitrites) en conditions réduites. Pourriot et Meybek (1995) ont considérés que les eaux naturelles présentent une teneur de l'ordre de 0,0015 mg/l en  $\text{NH}_4^+$  mais d'une manière générale une eau bien oxygénée ne contient que des traces d'ammoniaque.

Nous avons constaté une absence totale des nitrites et des ammoniums dans toutes les sources d'eau observée dans les deux prélèvements (avril, mai), probablement à cause des traitements appliqués à ces eaux.

**Tab.4 :** Variation en teneurs Nitrites et Ammonium les eaux de sources.

	Nitrite		Ammonium	
	Avril	Mai	Avril	Mai
<b>S1</b>	abs	abs	abs	abs
<b>S2</b>	abs	abs	abs	abs
<b>S3</b>	abs	abs	abs	abs
<b>S4</b>	abs	abs	abs	abs
<b>S5</b>	abs	abs	abs	abs

### 2.2.3. Calcium ( $\text{Ca}^{+2}$ ), Magnésium ( $\text{Mg}^{+2}$ ) et dureté totale (TH) :

La concentration du calcium varie entre 8.02 (mg/l) et 30.46 (mg/l) par contre la concentration de magnésium varie entre une valeur minimale de 249.54 (mg/l) enregistrée dans la station (S5), et une valeur maximale de 1086.36 (mg/l) dans les stations (S1).

La teneur en calcium et en magnésium indique que l'origine de ces deux minéraux dans notre eau est due à la nature roche mère (la nature géologique des terrains traversés par l'eau selon ces prélèvements). De plus nous avons enregistré une valeur maximale de 109 °F dans la station (S1) au prélèvement du mois de Mai, selon les normes de l'OMS nous constatons que cette eau de source est très dure.

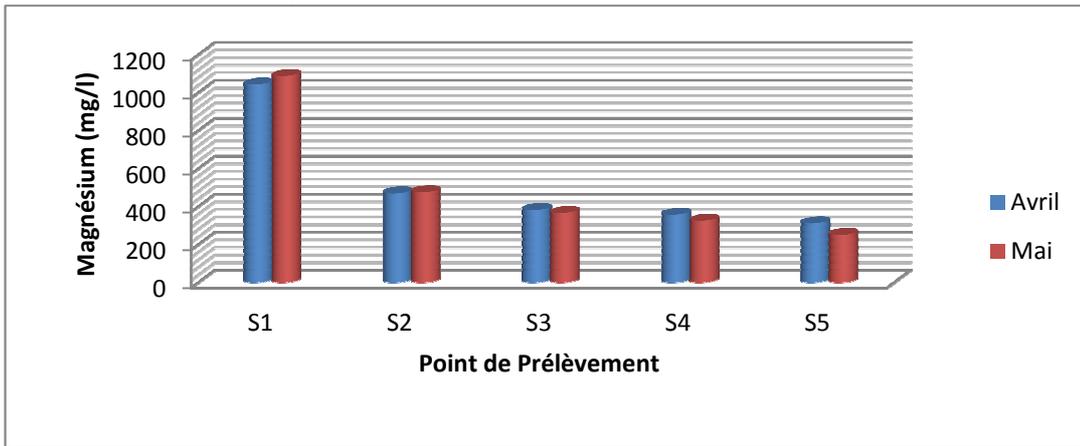


Fig.26 : Variation en teneurs de Magnésium.

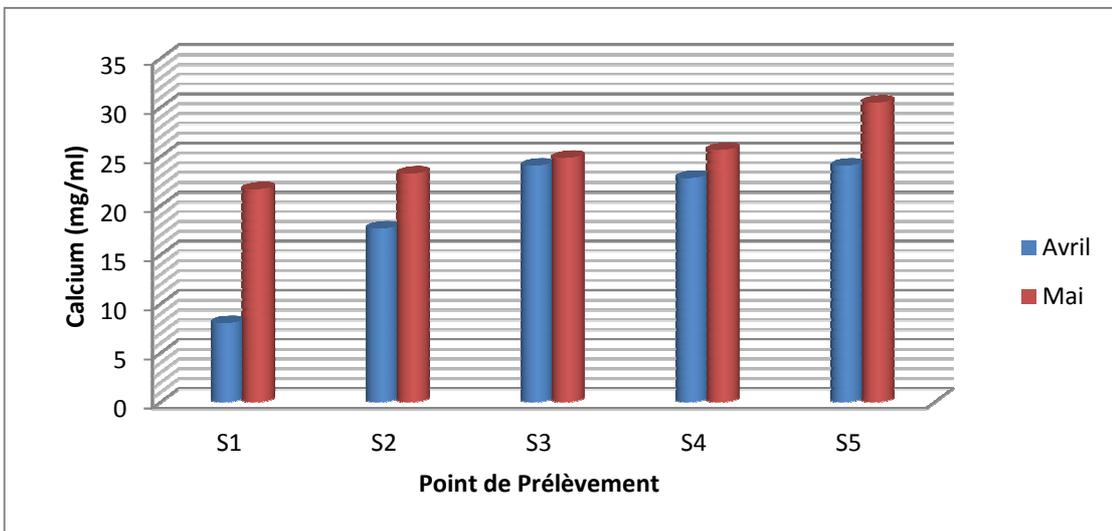


Fig.27 : Variation en teneurs de Calcium.

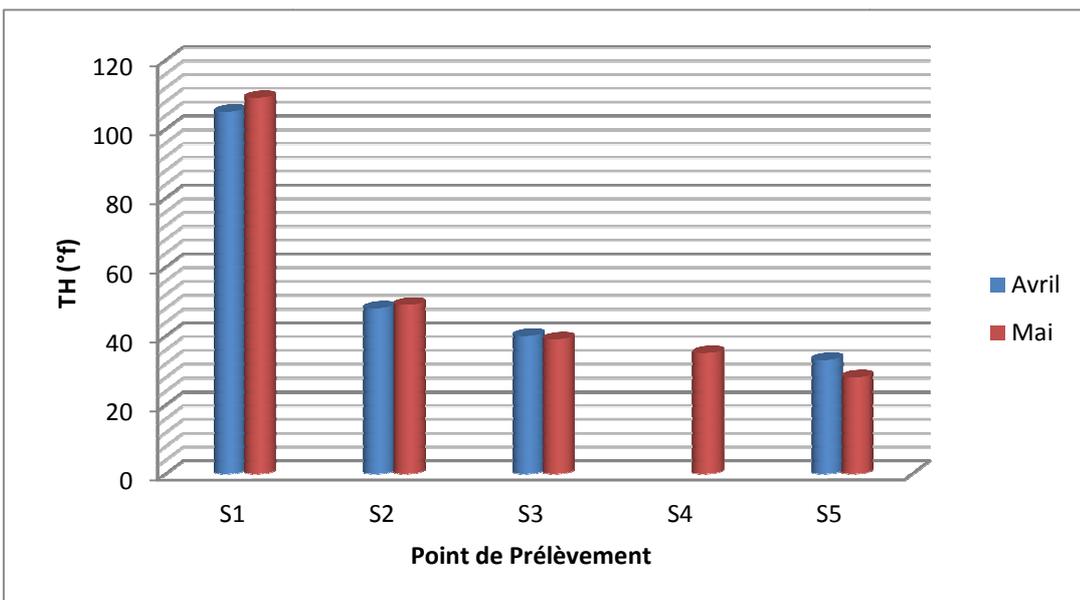


Fig.28 : Variation en teneurs de la dureté totale.

#### 2.2.4. Les chlorures (Cl<sup>-</sup>):

L'eau contient presque toujours des chlorures mais en proportions très variables. Leur teneur augmente généralement avec le degré de minéralisation de l'eau. On a constaté une valeur maximale de 489.9 (mg/l) enregistré durant le premier prélèvement (Mois d'Avril) dans la station (S1), et une valeur minimale a été signalé dans la station (S5) durant le deuxième prélèvement (Mois de Mai) 35(mg/ml).

Les teneurs calculés sont tous inférieures aux normes de l'eau potable (250mg/l) pour toutes les sources d'eau (S2-S3-S4-S5), sauf dans la station (S1) on a enregistré une valeur supérieure aux normes de l'eau potable durant les deux prélèvements (avril et mai).

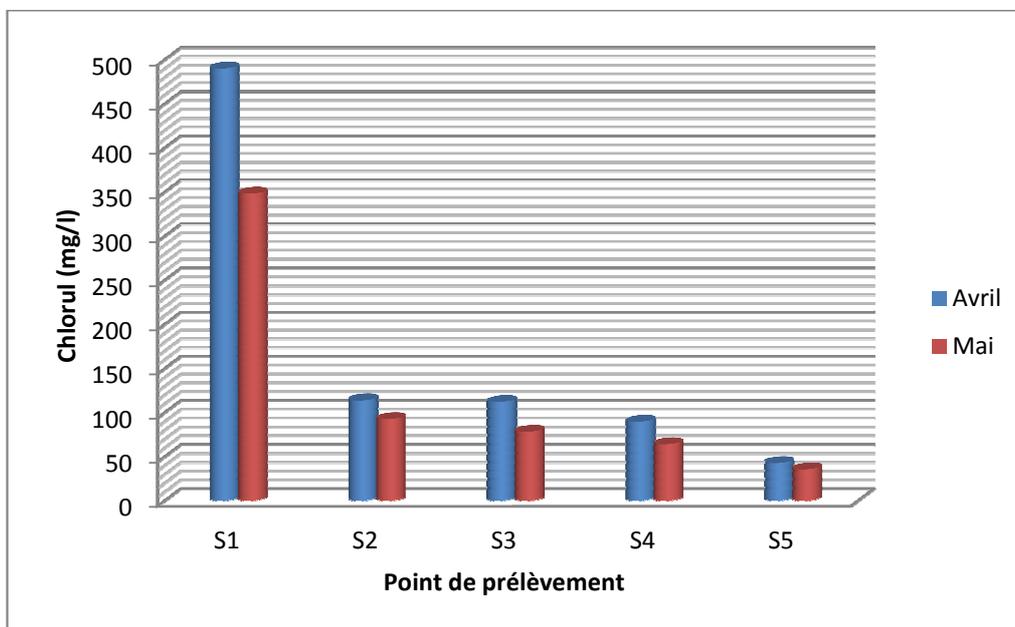


Fig.29 : Variation en teneurs de chlorure dans les eaux de sources.

#### 2.2.5. Les sulfates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) :

La concentration maximale fixée par l'OMS est de 250 mg/l. De fortes concentrations en sulfates provoquent des troubles gastro-intestinaux et peuvent donner un goût désagréable à l'eau.

La valeur maximale de sulfate a été enregistrée dans la station (S5) durant le premier prélèvement (85.32 mg/l) cette valeur est inférieure aux normes décrites par l'OMS.

L'origine de sulfate est due à la nature roche mère et les émissions de gaz provoquées par le secteur industriel.

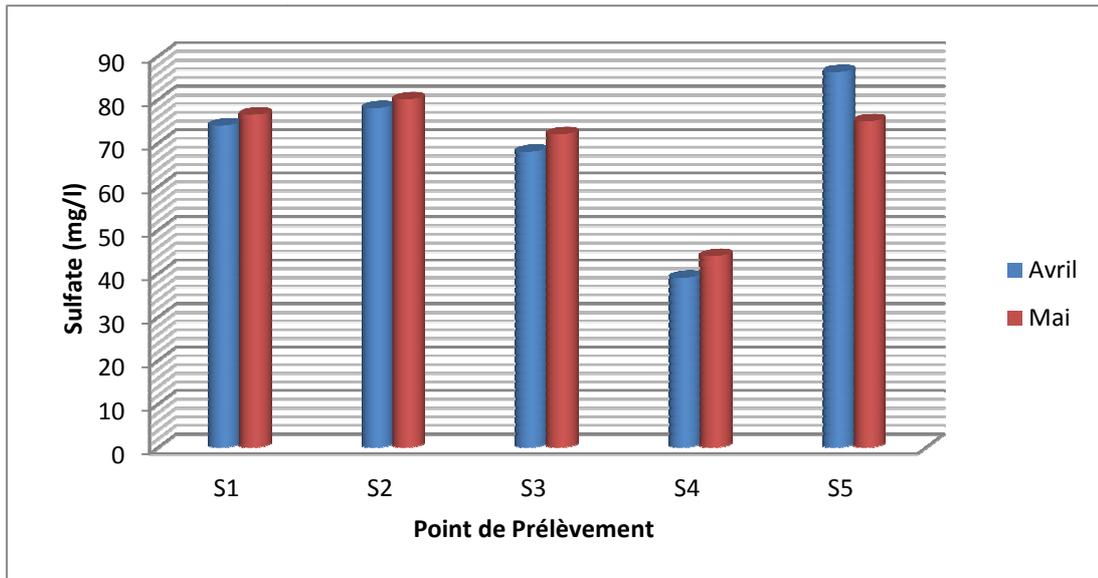


Fig.30 : Variation en teneurs de sulfate dans les eaux de sources.

### 2.2.6. Bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ) :

Les concentrations en bicarbonates dans les eaux naturelles sont en relation directe avec le pH de l'eau, la température, la concentration en  $\text{CO}_2$  dissous et la nature lithologique du sol.

Les données enregistrées dans notre étude démontrent une variation du bicarbonate entre une valeur minimale de 70.76 (mg/l) noté à la station (S1) et une valeur maximale de 86.32 (mg/l) noté à la station (S5).

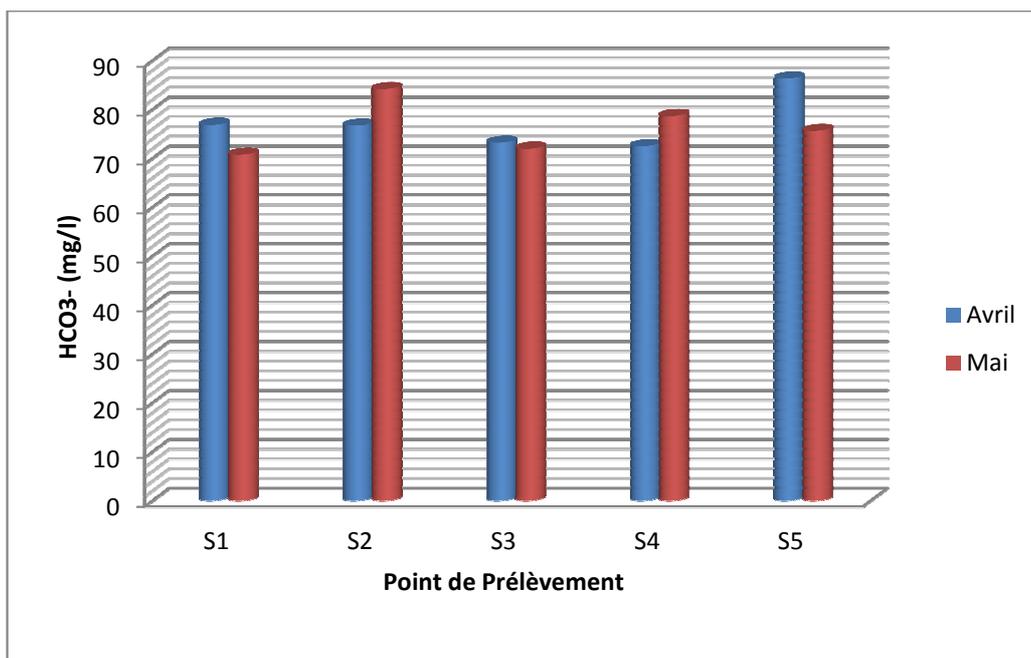
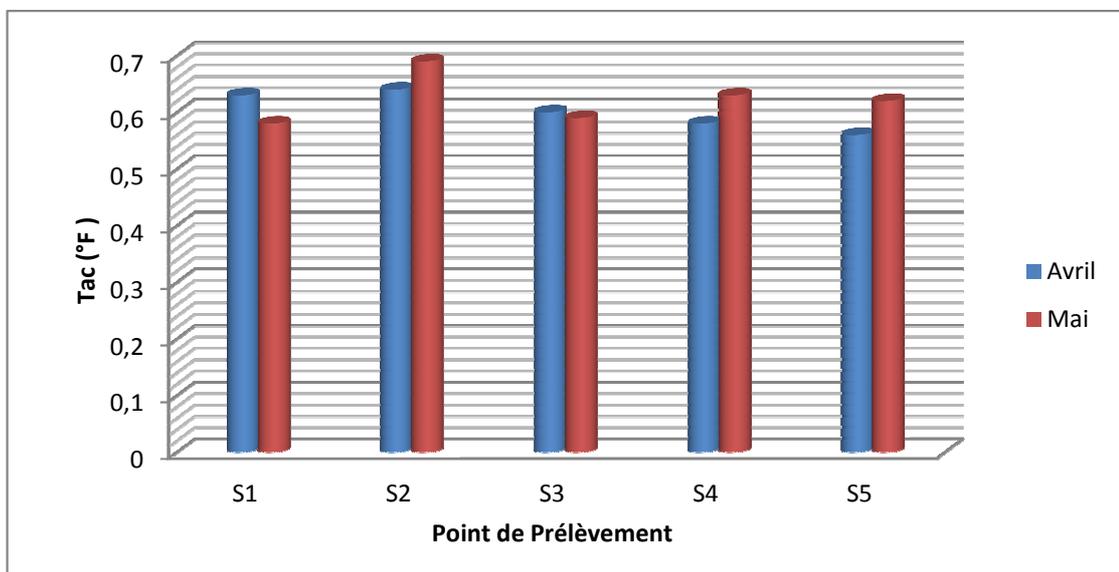


Fig.31 : Variation en teneurs de Bicarbonates dans les eaux de sources.

**2.2.7. Taux alcalinité (TA) et taux alcalinité complet (TAC) :**

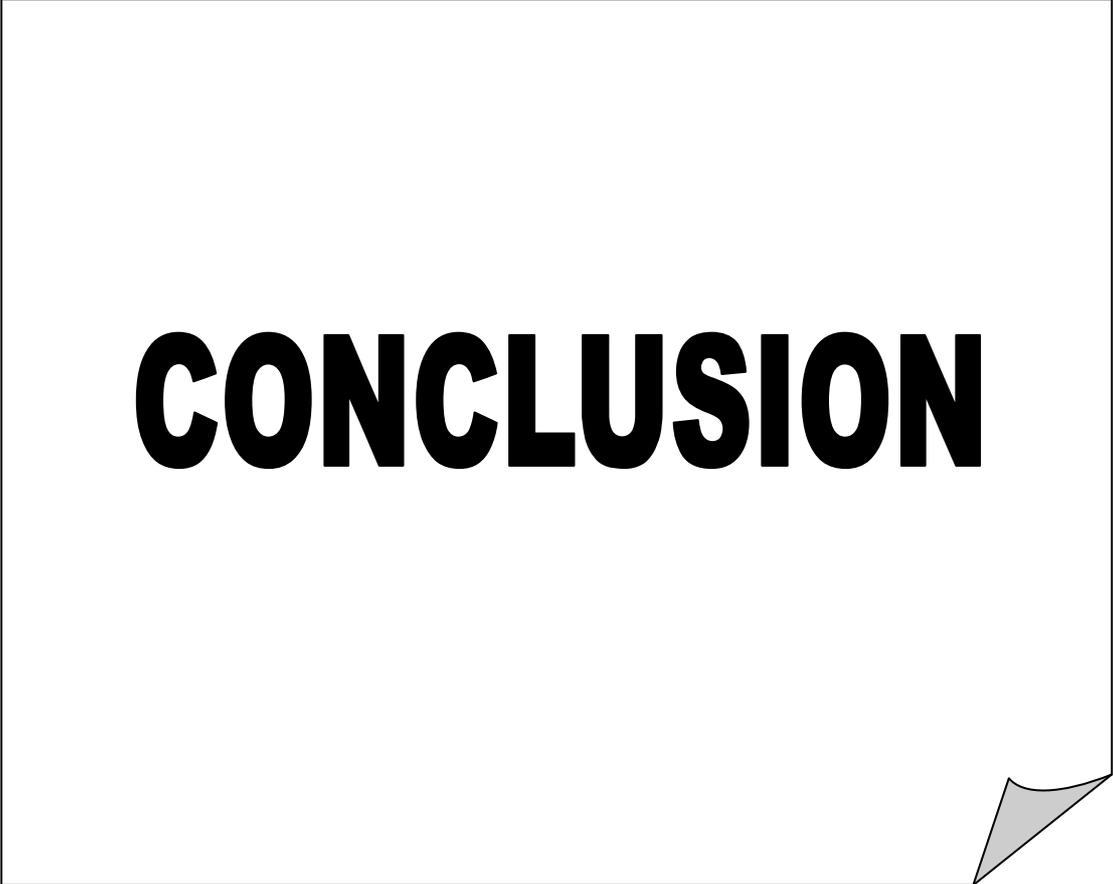
Si le pH est compris entre 4.5 et 8.3, ce qui est le cas des eaux naturelles, en remarque l'absence totale de TA ; les seuls éléments alcalins présents en quantité mesurable par titrage sont les bicarbonates  $\text{HCO}_3^-$ . Le TAC (titre alcalimétrique complet) traduit le caractère basique d'une eau  $\text{HCO}^- + \text{CO}_2^- + \text{OH}^-$ .

Les concentrations du TAC au niveau des six points d'eau sont inférieures par rapport à la norme 50°F de l'OMS des eaux destinées à la consommation humaine. Nous observons que les valeurs de TAC enregistrés durant les deux prélèvements (avril-mai) pour toutes les stations sont entre (0.56-0.69) °F



**Fig.32 :** Variation en teneurs du taux alcalinité complet dans les eaux de sources.

**CONCLUSION**

A rectangular box with a thin black border. The bottom-right corner is folded over, creating a triangular flap that is shaded light gray. The word "CONCLUSION" is centered within the box in a large, bold, black, sans-serif font.

Ce travail qui avait comme but de déceler la qualité physico-chimique et bactériologique l'eau des sources de la région de Guelma (Nord-Est de l'Algérie).

La région d'étude correspond à une dépression d'une surface moyenne de 122 km<sup>2</sup> à valeur de bassin allongé d'Est en Ouest, remplie de formation mio-pliocène et quaternaire. Ces formations sont constituées essentiellement d'alluvions (graviers, limons, travertins) perméables et offrent par conséquent un intérêt hydrogéologique. La région obéit à un climat méditerranéen, semi aride, caractérisée par deux saisons distinctes, l'une sèche et chaude et l'autre pluvieuse et froide. Les températures moyennes oscillent entre 9°C durant le mois de janvier et 27.5°C pendant le mois d'août. Elle reçoit une précipitation moyenne de 606 mm dont 74.21mm sont ruisselés et 92.47 mm infiltrés. Le bilan hydrique établi selon la méthode de Thornthwaite, fait ressortir une évapotranspiration réelle de 439.42mm engendrant un déficit agricole de 527.61 mm.

La nature de la qualité physico-chimique et microbiologique 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) alimentant nos cours d'eau qui vont à leurs tour, avec une partie, alimenter le bassin phréatiques de la Wilaya de Guelma.

Notamment, la qualité de tous les points prélevés d'après les analyses effectuées à notre niveau (avec les moyens qui nous ont été fournis), la qualité physico-chimique des eaux de sources est conforme aux normes.

Quant à la qualité bactériologique ; elle est de bonne qualité sauf pour le deuxième prélèvement (mois de mai) où nous avons constater une forte pollution (présence de coliformes fécaux, Streptocoques fécaux, anaérobies sulfite réducteurs) suite au manque de traitement ; plus la prise en charge des autorités locales de l'aménagement et la conception des bornes fontaine et surtout les chambres de captage et de stockage.

Chambre de stockage où aura lieu le traitement de l'eau (soit par chloration avec un temps minimum de 20 min pour qu'il puisse donner de l'effet, ou par la brique poreuse).

En recommandation pour améliorer la qualité des eaux des sources, il faut respecter les règles d'hygiène.

- Augmenter le sens de conscience publique vis-à-vis la protection des ressources hydriques.

- Appliquer les consignes de l'OMS qui préconise que pour chaque source, il faut avoir un périmètre de protection d'au moins 150m, et s'assurer de bien les respecter par le contrôle continu des autorités en charge.
- S'assurer de bien séparer les systèmes d'évacuation des eaux usées.
- Contrôler l'utilisation des pesticides et des fertilisants dans les terres agricoles afin d'éviter le risque de migration de ces substances aux eaux souterraines.

# RÉSUMÉ

ملخص

تتميز منطقة قالمة بوجود العديد من الينابيع المائية الطبيعية ، والتي تعطي لسكان الولاية فرصة لشرب أفضل مياه في حين أنهم يظهرون استيائهم حيال نوعية المياه الصالحة للشرب الحالية .  
ولذلك يجب أن نضمن جودتها ليس فقط من الناحية البكتيريولوجية ولكن أيضا خصائصها الفيزيوكيميائية.

وقد أجريت تحاليل بكتيريولوجية و فيزيوكيميائية لأربعة ينابيع مائية مختارة على مدى شهرين (أفريل، ماي 2013) في مخبر الميكروبيولوجيا في قسم البيولوجيا والكيمياء في قسم هندسة الطرائق التي تؤدي أساسا إلى تحديد الجراثيم الإجمالية و البكتيريا المحددة للتلوث البرازي و الجراثيم المسببة للأمراض و كذلك تراكيز العناصر الفيزيوكيميائية.

واظهرت النتائج التي تم الحصول عليها ان هاته الينابيع المائية المدروسة ذات نوعية فيزيوكيميائية جيدة ولكن النوعية البكتيريولوجية نوعا ما مقبولة و هذا راجع إلى تهاون السلطات و الشعب كسبب رئيس

الكلمات المفتاحية

بكتريولوجيا الماء, المياه الجوفية, مياه الينابيع, قالمة.

### **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 coté bactériologique mais aussi de ses caractéristiques physico chimiques.

Les analyses bactériologiques et physico-chimiques des cinq sources choisies, ont été effectuées durant deux mois (Avril et Mai 2013) au niveau des laboratoires de Microbiologie au sein du département de Biologie et de chimie dans le département de Génie des Procédés; qui mènent principalement à l'identification des germes totaux, des bactéries indicatrices de la contamination fécale et des germes pathogènes ainsi que les concentrations des éléments physico-chimiques.

Les résultats obtenus montrent que ces eaux de sources étudiées sont de bonne qualité physico-chimique, mais la qualité bactériologique est plus au moins acceptable ayant pour majeur cause la négligence des autorités en charge et la population.

**Mots clés :** Bactériologie de l'eau, Eaux de sources, Eaux souterraines, Guelma

## Abstrat

The area of Guelma is characterized by the presence of several natural sources, what gives to the population of the Wilaya the possibility of feeding with better water; while it expresses dissatisfaction towards the drinking water current quality. This is why we must make sure of his good quality not only with bacteriological dimensions, but also of his physico-chemical characteristics.

The bacteriological and physico-chemical analysis of the four sources chosen; were carried out during two months (April and May 2011) on the level of the laboratories of Microbiology within the department of Biology and chemistry in the department of Process Engineering ; who carry out mainly the identification the total germs, of the indicating bacteria for the fecal contamination and the pathogenic germs as well as the concentrations of the physico-chemical elements.

The got results show that these studied spring waters are of good physico-chemical quality; but are at least acceptable bacteriological quality, having for major causes the negligence of the authorities in load and the population.

**Key words**

Bacteriology of water, Spring water, Ground water, Guelma.

**RÉFÉRENCES**

**BIBLIOGRAPHIQUE**

## Référence bibliographiques

- **Ait Hamlet, S. (1998).** *contribution à l'étude de la qualité de huiles oueds de la Wilaya d'el taref ; aspects microbiologique et écologique* .mémoire de magister en microbiologie appliquée , université de Annaba,150p .
- **Aminot A. et Chaussepied M. (1983).** *Manuels D'analyses Chimiques En Milieu Marin.* 993 p.
- **Amor Abda W. (2009)** - *Etude physicochimique et bactériologique des eaux d'un lac artificiel : Cas du barrage de Zit-Emba (wilaya de Skikda)*, Mémoire de magister, université de Guelma, pp (102-103).
- **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. 129 p.
- **Bara M., chettibi F., belhamra Z., (2011)**, *qualité bactériologique des eaux des quelque plage du nord est algérien cas de la wilaya de taref et de annaba*, mémoire de Master, Université de Guelma. 67p.
- **Benmarce K. (2007)**, *Caractéristiques physico-chimiques et isotopiques des eaux souterraines dans la région de Guelma (N.E Algérien)*. Mémoire de magister en hydrogéologie, IST. Université Annaba. 126 p.
- **Bliefert C. et Perraud R. (2001).** *Chimie De L'environnement: Air, Eau, Sol, Déchet. De Boeck.* 477 p.
- **Boubidi W. et al. (2007)**, *Traitement et critère de potabilité de l'eau (les normes)*.
- **Boukrouma N. (2008).** *Contribution à l'étude de la qualité microbiologique de l'eau d'un écosystème aquatique artificiel : cas de la retenue collinaire de Ain Fakroune (W. d'Oum El- Bouaghi)*. Memoire de Magister. Université de Guelma. 64p.
- **Bourgeois C.M. et Leveau J.Y. (1980)** - *Techniques d'Analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaire. APRIA.* 331p.
- **Bouziati M. (2000).** *L'eau De La Pénurie Aux Maladies. Editions Ibn-Khaldoun Alger.* 247 p.
- **Bricha S., Ounene K., Oulkheir S., El Haloui N. et Attarassi B. (2007)** - *Etude de la qualité physicochimique et bactériologique de la nappe phréatique M'nasra (Maroc).* *Afrique Sciences.* (3). 391 – 404.
- **Castany G. et Margot T. (1977).** *Dictionnaire Français D'hydrogéologie, Géologie*

Minière. 249 p.

- **Chaoui W. (2007).** *Impact De La Pollution Organique Et Chimique Des Eaux De l'Oued Seybouse Et De l'Oued Mellah Sur Les Eaux Souterraines De La Nappe Alluviale De Bouchegouf (Guelma).* Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar, Annaba. 101p.
- **Cheriet M. & Rouaigia M. (2010),** Qualité microbiologique des eaux d'Oued Messida (Wilaya d' El-Tarf). Mémoire de Master, Université du 08 Mai 1945. Guelma. 166 p.
- **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 de Bamako. 69p.
- **Dajoz R. (2000),** Précis D'Ecologie: Cours Et Exercices Résolus, 7 ième édition. Dunod. Paris. 613p.
- **Debieche T-H. (2002).** *Evolution De La Qualité Des Eaux (Salinité, Azote et métaux lourds) Sous L'effet De La Pollution Saline, Agricole Et Industrielle. Application à la Basse Plaine De La Seybouse Nord-Est Algérien.* Thèse de Doctorat, Université de Constantine. 235p.
- **Derwich E., Beziane Z., Benaabidate L et Belghyti D. (2008)** - Evaluation de la qualité des eaux de surface des oueds Fès et Sebou utilisées en agriculture maraichère au Maroc. *Larhyss Journal.* (7). 59-77
- **Detay M. (1993).** Le Forage D'eau ; Réalisation, Entretien Et Réhabilitation. *Masson.* 379p.
- **Detay M. (1993).** Le Forage D'eau ; Réalisation, Entretien Et Réhabilitation. *Masson.* 379p.
- **Diagnostique Pasteur. (1987)** - *milieu et réactifs de laboratoire pasteur :* microbiologie, immunologie. 3ème édition
- **Djabri L. (1996),** Mécanismes de la pollution et vulnérabilité des eaux de la Seybouse. Origines géologiques, industrielles, agricoles et urbaines.
- **Edberg, SC, EW Rice, RJ Karlin et MJ Allen (2000),** *Escherichia coli: the best biological drinking water indicator for public health protection. Journal of Applied Microbiology,* 88: 106S-116S.
- **Guiraud J.P. (1998).** Microbiologie alimentaire. *Dunod.*
- **Guiraud J.P. (1998).** Microbiologie alimentaire. *Dunod.* 615p.

- **Hamlaoui B., behailil M., Iaraissia H., (2011)**, qualité physicochimique et bactériologique de quelque eau de source de la région de Guelma, mémoire de master, université de Guelma, 73 p.
- **Labres E. (2001)**. *Microbiologie des eaux, des boissons et des produits de la mer*, manuel des travaux pratiques, institue Pasteur d'Algérie, pp (3-4)
- **Labres E., Azizi D. et Boudjellab B. (2006)** - *Cours d'Hygiène et de Microbiologie des Eaux : Microbiologie des eaux et des boissons*, Institut Pasteur d'Algérie
- **Lebres E. (2006)**. Cours D'hygiène Et De Microbiologie Des Eaux (Manuel De Travaux Pratiques Des Eaux). *Institut Pasteur d'Algérie*. 60p.
- **Lightfoot N.F. (2002)** - Analyses microbiologiques des aliments et de l'eau. *Directives pour l'assurance qualité*. 387 p.
- **Marc S .et Béchir S. (1999)**. *Guide Technique de l'assainissement*. Edition Le Moniteur. 660p.
- **Marchal N., Bourdon J-l et Richard C, (1982)** - Les milieux de culture pour l'isolement et l'identification biochimique des bactéries .biologie appliquée. *Editions Douin, Paris* pp 50-364
- **Mazieres J., Richard B et Mazieres S. (1980)**. Une méthode de recherche rapide des coliformes fécaux dans les eaux de mer et les coquillages. *Rev. Tcav. Inst. Pêches marit.* (3). 289-293.
- **Medjelekh D. (2006)**, Impact de l'inertie thermique sur le confort hygrothermique et la consommation énergétique du bâtiment (cas de l'habitation de l'époque coloniale à Guelma). Mémoire de magister, Université Mentouri. Constantine. 40 p.  
Mémoire d'ingénieur d'état, Université 08 Mai 1945. Guelma. 88 p.
- **Mouassa S. (2006)**, Impact du périmètre d'irrigation sur la qualité des eaux souterraines de la nappe alluviale de Guelma et sur les sols, Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar. Annaba. 120 p.
- **OMS (1986)**. Directive Pour La Qualité De L'eau De Boisson. Volume 1 (Recommandations). *Organisation Mondiale De La Santé*. 2ième édition. 211p.
- **Rajonson J., Rasolofonirina N., Ratoaveloson J et Ravaonindriana N. (1992)** - Qualité des eaux. *Emouard* (4). 135-166.
- **Ramade F. (1982)**. Eléments D'écologie, Ecologie Appliquée, L'action De L'homme Sur La Biosphère. 2ième édition. *Masson*. Paris. 422 p.
- **Rejesk F. (2002)**. Analyse Des Eaux ; Aspects Réglementaires Et Techniques. *Sceren*.

Paris. 360p.

- **Robertson et al (1995)** Depositional processes and basin analysis of Messinian evaporates in Cyprus : terra nova 7, p233-253.
- **Rodier J. (1996)**. Analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires. 8<sup>ème</sup> édition,
- **Rodier J. (1996)**. L'analyse De L'eau ; Eaux Naturelles, Eaux Résiduelles, Eaux De Mer. 8<sup>ème</sup> édition. *Dunod*. 1383 p.
- **Rodier J. (2005)**. L'analyse De L'eau ; Eaux Naturelles, Eaux Résiduelles, Eaux De Mer. 8<sup>ème</sup> édition. *Dunod*. 1383 p.
- **Roland V. (2003)**, Eau, Environnement et Santé Publique. 2<sup>ième</sup> édition Introduction à l'hydrologie. TEC et DOC.
- **Roux M. (1987)**. Office International De L'eau: L'analyse Biologique De L'eau. *TEC & DOC*. Paris. 229p
- **Roux. (2003)**. TP de microbiologie : Analyses de l'eau. *Editions : Novello Célia*. (3). 1-9.
- **Tandia C.T. (2007)**. Contrôle et suivi de la qualité des eaux usées. Protocole de détermination des paramètres physico-chimiques et bactériologiques. *CREPA*. (3). P 1-52.
- **Thierrin J., Steffen P., Cornaz S., Vualaz F-D., Balderer W., Looser M., Zpbrit J. et Zumstein J. (2001)**. Guide Pratique De L'échantillonnage Des Eaux Souterraines. Société Suisse D'Hydrogéologie. 57p.
- **Zouaidia H. (2006)**, Bilan des incendies de forêts dans l'Est Algérien cas de Mila, Constantine, Guelma, Souk Ahras. Mémoire de magister, Université Mentouri. Constantine. 126 p.

## Webographie :

- (1): <http://www.umc.edu.dz/theses/sc-terre/BOU4469.pdf>
- (2): [http://www.sololiya.fr/.../3\\_les\\_differents\\_types\\_de\\_maladies\\_liees\\_a\\_l\\_eau](http://www.sololiya.fr/.../3_les_differents_types_de_maladies_liees_a_l_eau).
- (3): <http://www.pathexo.fr/documents/articles.../T92-5b-Madagascar.pdf>.
- (4) [www.arnobio2.com/pratique-bacteriologie-galerie-api.html](http://www.arnobio2.com/pratique-bacteriologie-galerie-api.html), .consulté le 1 avril 2011.
- (5):[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)

**Annexe**

**1. Composition des milieux de culture :**• **Eau peptonée exempte d'indole :**

Peptone bactériologique.....10 g.  
 Chlorure de sodium .....5 g.  
 Eau distillée.....1000ml  
 pH =7.2, autoclavage 15 minutes à 121°C. ,.

• **B.C.P.L (bouillon lactose au bromocresole-pourpre simple concentration):**

Peptone .....5 g.  
 Extrait de levure.....2g.  
 Lactose .....5g.  
 Pourpre de bromocresole.....0.025 g.  
 Agar.....15g.  
 Eau distillée.....1000 ml.  
 pH =6, autoclavage à 120°C pendant 20 minutes.

• **Milieu de Chapman :**

Peptone.....10g.  
 Extrait de viande de bœuf .....1 g.  
 Chlorure de sodium.....75 g.  
 Mannitol..... 10g.  
 Rouge de phénol..... 0.025 g.  
 Agar .....15g.  
 Eau distillée.....1000 ml.  
 pH = 7.5, autoclavage à 120°C pendant 20 minutes.

• **Milieu de Hektoen :**

Protéase peptone..... 12g.  
 Extrait de levure .....3.0 g.  
 Saccharose.....12.0 g.  
 Lactose .....2.0 g.  
 Solicine.....2.0 g.  
 Chlorure de sodium.....5.0 g.  
 Thio sulfate de sodium..... 5 g.

Citrate ferrique ammoniacal .....	5 g.
Sels biliaires .....	9.0 g.
Bleu de bromothymol.....	0.064 g.
Fuchsine acide .....	0.04 g.
Eau distillée.....	1000 ml.

pH=7.7±0.1, bouillir pendant 1 minute.

- **Gélose nutritive :**

Peptone .....	5g.
Extrait de viande .....	1g.
Extrait de levure .....	2g.
Chlorure de sodium .....	5 g.
Agar .....	15g.
Eau distillée.....	1000 ml.

pH =7.4, autoclavage à 121°C pendant 15 minutes.

- **Rothe (bouillon glucose l'acide de sodium) :**

Peptone.....	20 g.
Glucose.....	5 g.
Chlorure de sodium .....	5g.
Monohydrogénophosphate de potassium.....	2.7 g.
Diohydrogénophosphate de potassium.....	2.7 g.
Azide de sodium .....	0.2 g.
Eau distillée.....	1000ml.

pH =6.8 autoclavage 15 minutes à 121°C.

- **Eva-Litsky :**

Peptone.....	20g.
Glucose .....	5g.
Chlorure de sodium .....	5g.
Phosphate bi potassique .....	2.7 g.
Azosphate de sodium.....	0.3 g.
Ethyle- vliote.....	5g.
Eau distillée.....	1000ml.

pH =7, autoclavage 20 minutes à 120°C.

- **TGEA (gélose numération : gélostryptone-glucose-Extrait de levure) :**

Tryptone..... 5g.  
 Glucose .....1g.  
 Extrait de levure..... 2.5 g.  
 Gélose .....15g.  
 Eau distillée..... 1000ml.

pH =7, autoclavage 20 minutes à 120°C.

- **Viande foie (VF):**

- Base viande foie.....30g
- Glucose .....2g
- Amidon .....2g
- Agar .....1g
- Eau distillée .....1000 ml

### 3. Coloration de Gram :

- **Lugol :** Elle est utilisée sur la coloration de Gram pour fixer le colorant

-Iode.....1g.  
 -Iodure de potassium.....2g.  
 Eau distillée.....3g.

- **Violet de gentiane :** Elle est utilisée pour colorer les bactéries.

-violet de gentiane.....1g.  
 -Ethanol à 90%.....1ml.  
 -phénol.....2g.  
 -Eau distillée.....100ml

### 4. Tableaux supplémentaires des résultats :

**Tab. 5 : Evaluation de la turbidité dans les sites de prélèvement.**

	S1	S2	S3	S4	S5
Avril	7.5	7.3	8	6.3	4.3
Mais	6.8	6.2	7.6	5.4	4.6

- NTU, :nephelometric turbidity uni

**Tab.6 : Evaluation de la salinité dans les sites de prélèvement.**

	S1	S2	S3	S4	S5
Avril	1.9	1.4	0.3	0.5	0.5
Mais	1.9	0.4	0.3	0.3	0.5

- Na Cl mg/l

**Tab.7 : Qualité physico-chimique de l'eau de boisson (Directive de l'OMS, 2002).**

Normes	Paramètres
25	Température °C
6,5 - 8,5	Potential d'hydrogène (pH)
-	Ca <sup>++</sup> (mg/L)
50	Mg <sup>++</sup> (mg/L)
150	N <sup>+</sup> (mg/L)
12	K <sup>+</sup> (mg/L)
<30	TH (°F)
200	Cl <sup>-</sup> (mg/L)
250	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mg/L)
-	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)
30	TAC (°F)
50	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)
1000	Conductivité (µS/cm)
-	T.D.S (mg/L)
1500	Résidu sec à 180°C (mg/L)

Qualité physico-chimique de l'eau de boisson (Directive de l'OMS, 2002).

La table de Mac-Grady :

Tab. 8: Table de Mac-Grady.

Nombre caractéristique	Nombre de microorganisme	Nombre caractéristique	Nombre de microorganisme
000	0.0	222	3.5
001	0.3	223	4.0
010	0.3	230	3.0
011	0.6	231	3.5
020	0.6	232	4.0
100	0.4	300	2.5
101	0.7	301	4.0
102	1.1	302	6.5
110	0.7	310	4.5
111	1.1	311	7.5
120	1.1	312	11.5
121	1.5	313	16.0
130	1.6	320	9.5
200	0.9	321	15.0
201	1.4	322	20.0
202	2.0	323	30.0
210	1.5	330	25.0
211	2.0	331	45.0
212	3.0	332	110.0
220	2.0	333	140.0
221	3.0		