

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

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

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



Mémoire de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Science Biologique
Spécialité/Option : Qualité des produits et Sécurité Alimentaire
Département de Biologie

**Thème : Qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de source
Ras El Ma et Héliopolis (Wilaya de Guelma)**

Présenté par : DJETTEN Amal
TOUAHRI Ibtissam

Devant le jury composé de :

Présidente :	Mme. BENHALIMA. L.	M.A.A	Université de Guelma
Examinatrice:	Mme. AYED. H.	M.A.A	Université de Guelma
Encadreur :	Dr. GRARA. N.	M.C.A	Université de Guelma

Juin 2016

Remerciement

Remerciant tout d'abord ALLAH le tout compatissant, le tout miséricordieux de nous avoir donné la force pour réaliser ce travail.

Nous remercions d'une façon toute particulière notre encadreur M^{me}. GRARA Nadjoud d'avoir accepté de nous encadrer sur ce thème, de nous avoir conseillé judicieusement, orienté, encouragé et de nous apporter une attention tout au long de ce travail.

Nous remercierons également les membres de jury tout d'abord M^{me} Benhalima et M^{me} Ayed qui nous ont fait l'honneur de juger notre travail.

Nous voulons exprimer nos remerciements et notre gratitude à toutes les personnes de la direction de santé de la wilaya de Guelma en particulier Mr. DJIRADI ABD AL RAHMANE.

Nous remercions chaleureusement le chef service de l'A.D.E Guelma : Mr. AMRANI SALEH.

Un remerciement particulier à nos parents pour leur contribution, leur soutien et leur patience.

Ainsi, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches amis, qui nous ont apporté leur support moral et intellectuel tout au long de notre démarche.

A la fin une pensée particulière est adressée à l'ensemble des enseignants du BIOLOGIE, qui nous ont procuré une formation honorable.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail, avant tout à qui m'encourage à continuer mon chemin et qu'il était toujours patient avec moi, à qui m'aide moralement et sacrifier sa vie pour ma satisfaction.

A mes parents

J'espère que Dieu vos garde et bénisse mes chers parents.

A mes proches pour m'avoir soutenu par leur présence dans le bons comme dans les mauvais moments ;

A ma cher sœur KHALIDA

A mon cher frère RAMZI

Et à toute La famille TOUATRI spécialement à Dhya et Anaïs.

A mes meilleurs amis:

ASSIA, NIHED, AMINA, HADIA, LEILA

A mon amie et ma binôme AMEL

IBTISSAM

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à

A mes plus chers êtres au monde : Ma mère et mon père pour leur amour, leur tendresse, et pour leur soutien moral et matériel durant toutes les étapes de ma vie.

A mes proches pour m'avoir soutenu par leur présence dans le bon comme dans les mauvais moments

A mes frères : MEHDY et KIKO

A ma chère sœur NORHAN

A chaque membre de ma famille qu'ils trouvent ici l'expression de mes remerciements.

A mes meilleurs : ILYEM, LAMIA, KAUTHER, SARRA,

MERTEM

A tous ceux qui m'ont aidée à réaliser ce modeste travail

Et particulièrement à ma copine «IBTISSSEM ».

AMAL

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Résumé

Abstract

ملخص

Introduction générale.....1

Chapitre 1 : généralité sur les eaux de source

1. Pollution des eaux de sources.....4

1.1. Polluants biologiques.....4

1.2. Polluants chimiques.....4

2. Maladies à transmission hydrique.....5

2.1. Maladies d'origine bactérienne.....5

2.2. Maladies d'origine chimique.....7

2.2.1. Ammonium.....7

2.2.2. Nitrate.....7

2.2.3. Soufre.....7

2.2.4. Calcium.....7

2.2.5. Fer.....8

2.2.6. Phosphore.....8

2.2.7. Chlore.....8

2.3. Autres maladies d'origine hydriques.....8

3. MTH dans la wilaya de Guelma (2000-2015).....	9
4. Présentation de la zone d'étude.....	10
4-1. Ras El Ma.....	11
4- 2. Héliopolis.....	11

Chapitre 2 : matériel et méthodes

1-Matériel.....	12
2-Méthodesd'analyses.....	12
2.1. Echantillonnage.....	12
2.1.1 .Choix des stations.....	12
2.1.2. Prélèvements.....	12
2.1.3. Transport et conservation des échantillons.....	13
2.2. Analyse physico-chimique.....	13
2.2.1. Paramètres organoleptiques.....	13
2.2.2. Paramètres physico-chimiques.....	14
2.2.3. Paramètres de minéralisation globale.....	17
2.2.4. Paramètres concernant des substances indésirables.....	22
2.3. Analyses bactériologiques.....	27

Chapitre 3 : résultats et discussion

1. Résultats.....	39
1.1. Analyses physico-chimiques.....	39
1.1.1. Paramètres organoleptiques.....	39
1. Turbidité.....	39
1.1.2. paramètres physico-chimique.....	40

1. pH (potentiel hydrogène).....	40
2. Température.....	40
3. Oxygène dissous.....	41
4. Salinité.....	41
5. Conductivité électrique.....	42
6. Résistivité.....	42
7. ORP.....	43
8. Alcalinité.....	43
1.1.3. Paramètres de minéralisation globale.....	44
1. Résidu sec.....	44
2. TDS.....	44
3. Dureté totale.....	45
4. Calcium (Ca^{2+}).....	45
5. Magnésium (Mg^{2+}).....	46
6. Chlorure (Cl^-).....	46
7. Sulfate (SO_4^{3-}).....	47
8. Fer totale (Fe^{2+}).....	47
1.1.4. Paramètres concernant des substances indésirables.....	48
1. Matière organique M.O.....	48
2. Nitrate (NO_3^-).....	48
3. Nitrite (NO_2^-).....	49
4. Ammonium (NH_4^+).....	49
5. Ortho phosphates (PO_4^{3-}).....	49

6. Bicarbonate (HCO_3^-).....	50
1.2. Paramètres bactériologiques.....	52
1.2.1. Germes totaux.....	52
1.2.2. Coliformes totaux.....	52
1.2.3. Coliformes fécaux.....	53
1.2.4. Streptocoques fécaux.....	53
1.2.5. Anaérobies Sulfito-réductrices (ASR).....	53
1.2.6. Germes pathogènes.....	54
1.2.7. Identification biochimique.....	56
2- Discussion.....	58
Conclusion générale	66
Références bibliographiques.....	68
Annexes.	

Liste des figures

Figure 01 : Situation épidémiologiques des MTH de la wilaya de Guelma (2000-2015)..	10
Figure 02 : Localisation géographique de la zone d'étude	11
Figure 03 : Recherche et dénombrement des germes totaux.....	28
Figure 04 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux dans les eaux de source S1 et S2.....	31
Figure 05 : Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux.....	33
Figure 06 : Recherche et dénombrement des spores de bactéries Anaérobies Sulfito-Réductrices (ASR).....	35
Figure 07 : Recherche et identification des Salmonelles	37
Figure 08 : Recherche et identification des Vibrio.....	38
Figure 09 : Variation de la Turbidité des eaux de source S1 et S2.....	39
Figure 10 : Variation du pH des eaux de source S1 et S2.....	40
Figure 11 : Variation de la Température de S1 et S2.....	40
Figure 12 : Evaluation d'Oxygène dissous des eaux de source.....	41
Figure 13 : Evaluation de Salinité des eaux de source.....	41
Figure 14 : Variation de la conductivité électrique des eaux de source S1 et S2.....	42
Figure 15 : Variation de la résistivité des eaux de source S1 et S2	42
Figure 16 : Variation d'ORP des eaux de source S1 et S2	43
Figure 17 : Variation du TAC des eaux de source S1 et S2.....	43
Figure 18 : Variation de Résidus sec des eaux de source S1 et S2.....	44
Figure 19 : Variation du TDS des eaux de source S1 et S2.....	44
Figure 20 : Variation de TH des eaux de source S1 et S2.....	45
Figure 21 : Evaluation de Calcium des eaux de source S1 et S2	45
Figure 22 : Evaluation de Magnésium des eaux de source S1 et S2.....	46
Figure 23 : Evaluation de Chlorure des eaux de source S1 et S2	46

Figure 24 : Evaluation de Sulfate des eaux de source S1 et S2	47
Figure 25 : Evaluation de Fer des eaux de source S1 et S2	47
Figure 26 : Variation de la Matière organique des eaux de source S1 et S2	48
Figure 27 : Evaluation de Nitrate des eaux de source S1 et S2	49
Figure 28 : Evaluation du Phosphate des eaux de source S1 et S2	50
Figure 29 : Evaluation du bicarbonate des eaux de source S1 et S2	50
Figure 30 : Variation des germes totaux dans les eaux de source S1 et S2.....	52
Figure 31 : Variation des Coliformes totaux dans les eaux de source S1 et S2	53

Liste des photos

Photo 01 : Profil biochimique de la souche <i>Serratia plymuthica</i>	56
Photo 02 : Profil biochimique de la souche <i>Raoultella ornithinolytica</i>	56
Photo 03 : Profil biochimique de la souche <i>Chrysobactérium indologenes</i>	56
Photo 04 : Profil biochimique de la souche <i>Pseudomonas putida</i>	56
Photo 05 : Profil biochimique de la souche <i>Sphingomonas paucimobilis</i>	57
Photo 06 : Profil biochimique de la souche <i>Aeromonas hydrophila</i>	57

Liste des tableaux

Tableau 01 : Autres maladies hydriques	08
Tableau 02 : Résultats des analyses physico_chimiques des eaux de source (Ras El Ma et Helioplice).....	51
Tableau 03 : Résultats des analyses bacteriologiques des eaux de source (Ras El Ma et Helioplice).....	55

Résumé

L'eau est un élément vital pour l'être humain. Elle est importante de l'avoir en bonne qualité garantissant ainsi une vie saine et sans danger. La protection de l'environnement consiste à la sauvegarde des ressources en eau contre tout type de pollution. Notre étude comporte une analyse physico-chimique et bactériologique des eaux de source « Ras El Ma et Héliopolis » de la wilaya de Guelma, destinées à la consommation humaine pour déterminer ses possibilités d'utilisation. L'analyse a porté sur un certain nombre de paramètres physico-chimique des eaux tels que la température, pH, conductivité électrique, résistivité, oxygène dissous, turbidité, dureté totale, résidu sec, matière organique, alcalinité, salinité, TDS et ORP ; Outre les ions Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- ; PO_4^- , HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ et Fe^{2+} . Cette étude nous a permis de mettre en évidence un certain nombre de paramètres qui entrent en jeu dans la détermination de la qualité de ces eaux a révélé que la teneur de ces éléments reste toutefois faible et n'indique pas pour la plupart un risque de pollution majeure des eaux de source. Diverses études préliminaires ont identifié une augmentation des concentrations en indicateurs fécaux et un nombre considérable des spores de *Clostridium sulfito-réducteurs*, avec une présence des *Pseudomonas* dans la source d'Héliopolis au cours d'une période estivale. Cependant, la caractérisation bactériologique de « Ras El Ma » est de bonne qualité. Les eaux de source comme étant un produit alimentaire indispensable à la consommation humaine nécessite un contrôle de qualité pour identifier sa potabilité.

Mots clés : eau de source, indicateurs physico-chimique, indicateurs bactériologique.

Abstrat

Water is vital for human beings. It is important to have good quality in ensuring healthy living and safe. Protecting the environment is to safeguard water resources against all types of pollution. Our study has a physical-chemical and bacteriological analysis of source waters "Ras El Ma and Heliopolis" of Guelma, intended for human consumption to determine its possible uses. The analysis focused on a number of physicochemical parameters of water such as temperature, pH, electrical conductivity, resistivity, dissolved oxygen, turbidity, total hardness, dry residue, organic matter, alkalinity, salinity, TDS and ORP; In addition to the Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , PO_4^- , HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} and NH_4^+ . This study allowed us to identify a number of parameters that come into play in determining the quality of the water revealed that the content of these elements remains low and does not indicate a risk for most pollution major source of water. Several preliminary studies have identified increased levels of fecal indicators and a large number of spores of sulphite-reducing Clostridium, with presence of Pseudomonas in the source of Heliopolis during the period of study. However, bacteriological characterization of "Ras El Ma" is good. Spring water as an essential food product for human consumption requires quality control to identify its potability.

Keywords: spring water, physical-chemical indicators, biological indicators.

ملخص

الماء عنصر حيوي ضروري لحياة البشر. من المهم أن يكون ذو نوعية جيدة لضمان حياة صحية وآمنة. ومن اجل حماية البيئة والحفاظ على الموارد المائية من جميع أنواع التلوث. دراستنا تشمل التحاليل الفيزيائية والكيميائية والتحليل البكتريولوجي للمصادر المائية «رأس الما و هليوبوليس» في ولاية قالمه، المعدة للاستهلاك البشري لتحديد استخداماتها المحتملة. وركز التحليل على عدد من المعلمات الفيزيائية للمياه مثل درجة الحرارة ودرجة الحموضة، التوصيل الكهربائي، المقاومة، الأوكسجين المذاب، التعكر، العسر الكلي، البقايا الجافة، المواد العضوية والقلوية، الملوحة، المواد الصلبة الذائبة وORP. بالإضافة إلى الكلورين، SO_4^{2-} ، NO_3-PO_4 ، Ca^{+2} ، HCO_3 ، المغنيسيوم، الحديد و NH_4^+ . سمحت لنا هذه الدراسة بتحديد عدد من المعلمات التي تلعب دورها في تحديد نوعية المياه كشفت أن محتوى هذه العناصر لا يزال منخفض ولا يشير إلى وجود خطر بالنسبة لمعظم ملوثات المصدر الرئيسي للمياه. وقد حددت العديد من الدراسات الأولية زيادة مستويات المؤشرات البرازية وعدد كبير من الجراثيم من سلفيت الحد من كلوستريديوم، مع وجود الزائفة في مصدر هليوبوليس. ومع ذلك، التحليل البكتريولوجي من "رأس ما" هو جيد. مياه الينابيع كمنتج غذائي أساسي للاستهلاك البشري يتطلب مراقبة الجودة لتحديد الصلاحية للشرب لها.

الكلمات المفتاحية: مياه الينابيع، المؤشرات الفيزيائية والكيميائية، المؤشرات البيولوجية.

Introduction
Générale

« L'eau c'est la vie » c'est le message souvent lancé au monde pour faire comprendre combien il est important de préserver nos ressources en eau douce, pour assurer le bien-être de l'ensemble des sociétés (Margat et Andréassian, 2008). L'eau est la substance minérale la plus répandue sur la terre, elle couvre les trois quarts de sa surface, elle est aussi emmagasinée dans les cavités de son sous-sol et suspendue dans l'atmosphère qui l'entoure, elle se présente sous trois formes (solide, liquide et vapeur) (Schriver-Mazzuoli, 2012).

Les sources résultent de la réapparition à la surface du sol d'eaux de pluie ou de fonte des neiges qui, après infiltration, ont accompli un parcours souterrain plus ou moins long et plus ou moins profond, selon la nature et la perméabilité des terrains rencontrés. Pendant ce trajet dans le sous-sol, les eaux ont tendance à se mettre en équilibre thermique avec les couches géologiques qu'elles traversent (Vilaginès, 2010).

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

En Algérie, 80% de l'eau potable est d'origine souterraine. L'irrigation a constitué une voie privilégiée du développement agricole et a bénéficié d'une attention particulière des pouvoirs publics. Ainsi de grands aménagements hydrauliques et hydro-agricoles ont été mis en œuvre, durant les trois dernières décennies (Abda, 2015). La wilaya de Guelma une des régions de l'Algérie la plus célèbre et riche des eaux souterraines qui constituent une part importante du patrimoine hydraulique de la wilaya.

Les eaux de sources représentent la plus grande réserve en eau douce liquide de la wilaya de Guelma, et représente une importance dans l'agriculture de la région et aussi satisfaire les besoins en eau potable d'une population. Malgré que les eaux de sources sont exposées à des pollutions agricoles (pesticides et engrais), industrielles et urbaines. La pollution des eaux souterraines représente l'un des aspects les plus inquiétants et l'utilisation de ces eaux à des fins alimentaires représente un danger pour la santé (Reggam, 2015).

La pollution de l'eau d'origine agricole est généralement liée aux nitrates ou aux phosphates. Elle peut être aussi liée à la présence de fortes concentrations de pesticides

(herbicides, insecticides et fongicides) qui sont souvent difficile à identifier et à quantifier. Le dosage et la quantification des paramètres physico-chimiques de l'eau sont considérés comme des principes les plus importants dans l'identification de la nature, de la qualité et du type de l'eau pour des écosystèmes aquatiques (El Morhit, 2009).

En 2004, l'OMS a estimé qu'à l'échelle mondiale plus de 1.1 milliard d'êtres humains n'ont pas accès à une source d'eau potable sûre. Le manquement dans la gestion de l'eau entraînent chaque année un grand nombre de décès (1.8 Million d'individus par diarrhée, 1.3 million par la malaria, 1.5 million d'hépatite A, etc.). Ce risque de contamination de la ressource par manque d'installation sanitaire a été nommé le « péril fécal » par certains auteurs. Il est donc important de contrôler l'eau et son utilisation. En effet, certaines d'entre elles impliquent un contact direct entre l'homme et l'eau, notamment l'alimentation, aussi bien par la boisson et la préparation des aliments, que par le lavage de produits alimentaires et du matériel de préparation. Il en va de même pour l'hygiène corporelle, prise dans un sens large et comprenant aussi bien la toilette que la baignade et la pratique des sports nautiques (Rodier, 2009).

Les eaux souterraines ne sont pratiquement jamais potables sans aucun contrôle de fait de divers substances d'origine naturelle ou apportées par la pollution (Schriver-Mazzuoli, 2012). Donc l'objectif de cette étude est de contrôler et suivre d'une part, la qualité des eaux d'adduction publique par la mesure des paramètres chimiques et bactériologiques. D'autre part, la surveillance de la conformité des normes au niveau des sources de « Ras El Ma » et « Héliopolis » pour définir un niveau de risque acceptable pour la population, évaluer le degré de pollution qui affecte ces eaux de source et déterminer les causes possibles de cette pollution. Et en fin accordant la priorité en matière de protection et promotion de la santé, par La prévention (contrôle + traitement).

Dans cette étude, nous allons approfondir et essayer de répondre à certaines questions:

- Définir si l'eau de source est potable ou non ?
- Quel est l'état actuel de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de sources ?

- Quels sont les différents polluants chimiques existant dans l'eau ainsi que leurs origines?
- Quels sont les différents microorganismes existant dans l'eau ?

Nous avons structuré notre démarche en trois chapitres interdépendants:

- Le premier purement théorique rassemblant d'une part une description détaillée des différentes maladies pouvant être véhiculée par l'eau et leurs origines (les polluants des eaux de sources). Et d'autre part description de la zone d'étude.
- Le deuxième chapitre est consacré aux méthodes et aux méthodes employées pour la réalisation de ce travail: Analyses bactériologique et physico-chimiques de l'eau de notre région (Guelma).
- Le dernier représenté les résultats obtenus et leur discussion.

Chapitre I

Généralité sur les eaux de source

Une eau de source est une eau d'origine souterraine, protégée, microbiologiquement saine. Elle doit respecter dans son état naturel les caractéristiques de qualité microbiologique des eaux potables ainsi que les caractéristiques de qualité physico-chimique des eaux destinées à la consommation humaine (Lanjri et *al.* 2014).

1- Pollution des eaux de source :

La pollution de l'eau est une dégradation physique, chimique et biologique de ces qualités naturelles, provoquée par l'homme et ses activités. Elle perturbe les conditions de vie de la flore et de la faune aquatique, elle compromet les utilisations de l'eau et l'équilibre du milieu naturel. Selon l'origine des substances polluantes, deux catégories de pollutions sont à distinguer (Schriver-Mazzuoli, 2012) :

1.1. Polluants biologiques :

Ils comprennent les organismes libres et les agents pathogènes.

1.1.1. Organismes libres :

Les principaux organismes libres présents dans l'eau, sont : le plancton, les macros invertébrées et les micro-organismes (Schriver-Mazzuoli, 2012) .

1.1.2. Agents pathogènes :

Sont les helminthes, les protozoaires, les bactéries pathogènes, les virus (Schriver-Mazzuoli, 2012) .

1.2. Polluants chimiques :

Certains éléments chimiques qui se trouvent dans l'eau sont indispensables à la santé de l'homme à faibles concentrations mais peuvent devenir toxiques lorsqu'ils sont absorbés en très grande quantité (Schriver-Mazzuoli, 2012). Ils comprennent les sels minéraux et les composés toxiques, ce sont des polluants majeurs des cours d'eau par leur abondance et leurs effets biologiques.

1.2.1. Sels minéraux

Les plus couramment rencontrés dans la pollution des eaux sont : les nitrates, les phosphates, les sulfates, les nitrites, bicarbonates, fluorures...etc (Schriver-Mazzuoli, 2012).

1.2.2. Composés toxiques

Ils sont soit minéraux, soit organiques.

- **Composés minéraux toxiques** : Ce sont essentiellement les métaux lourds ou certains métalloïdes :
 - les minéraux d'origine agricole ;
 - les minéraux d'origine industrielle ;
 - certains composés naturels (Schriver-Mazzuoli, 2012).
- **Polluants organiques toxiques** : Ce sont principalement les pesticides et les détergents. Ces derniers ne sont pas toxiques mais ils favorisent l'assimilation des substances toxiques.

2- Maladies à transmission hydrique :

L'eau, ressource naturelle indispensable à la vie, est aussi devenue, de manière directe ou induite, la première cause de mortalité et de maladie au monde (Vilaginès, 2010). Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS, 2011), chaque année:

- 30 millions de personnes meurent des suites d'une épidémie ou d'une contagion due à la pollution des eaux
- 2 millions de personnes, dont la plupart sont des enfants, meurent de maladies diarrhéiques

2.1. Maladies d'origine bactériennes :

2.1.1. Choléra :

Maladie infectieuse intestinal contagieuse due à une bactérie le *vibron cholérique*, (*vibrio choléra*), le choléra se transmet principalement par l'ingestion d'eau polluée par des déjections humaines infectées (Vilaginès, 2010). Le traitement consiste essentiellement à compenser les pertes digestives d'eau. La réhydratation est assurée par voie orale ou par voie intraveineuse, selon le degré de déshydratation, l'antibiothérapie peut être utile dans les cas graves (Savary, 2010).

2.1.2. Fièvre typhoïde et paratyphoïde :

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, accompagnées d'un abattement extrême (le tufhos) et peuvent avoir des complications graves, parfois mortelles : hémorragies intestinales, respiratoires, neurologiques. Le traitement repose sur les antibiotiques à forte pénétration intracellulaire, surtout intra macrophagique (Vilaginès, 2010).

2.1.3. Botulisme :

Le botulisme est une maladie paralytique rare, mais grave, causée par une neurotoxine qui est produite par la bactérie *Clostridium botulique* (Vilaginès, 2010). Il cause des paralysies très sévères et prolongées, le traitement dans les formes sévères, des soins respiratoires intensifs avec ventilation assistée. , mais elle n'est efficace que si elle est administrée précocement, dans les 24 premières heures après l'apparition des symptômes (Gueroui, 2015).

2.1.4. Dysenterie ou diarrhée infectieuse aiguë :

La dysenterie bactérienne, appelée aussi gastro-entérite, est une infection inflammatoire du système digestif pouvant entraîner de la nausée, des vomissements et la diarrhée, ainsi que de la déshydratation, de la fièvre et de la céphalée. Elles peuvent être d'origine bactérienne (*Clostridium perfringens*, *Escherichia coli*, *Salmonelle*, *Shigelle...*). Les gastroentérites sont causées généralement par l'ingestion accidentelle d'eau contaminée par des matières fécales (Roland, 2003).

***Escherichia coli* :**

C'est une bactérie saprophyte du tube digestif de l'homme et des animaux. Elle se multiplie par des 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 (Vilaginès ,2010).

Shigelle :

Shigelle est une bactérie qui peut causer une infection gastro-intestinale connue sous le nom de Shigellose. Les *shigelles* sont transmises par voie féco-orale en consommant des aliments ou de l'eau contaminés (Schriver-Mazzuoli, 2012).

2.2. Maladies d'origine chimique :**2.2.1. Ammonium :**

L'ammonium est un dérivé de l'ammoniac, il est dit moins toxique, à hautes doses plus de 0.5mg/l: maux de tête, nausée et vomissement, irritation de la bouche et de l'estomac, soif, confusion...etc (Gherari et Neçaibia, 2013).

2.2.2. Nitrate :

Au-delà d'un certain seuil de concentration, les nitrates peuvent engendrer, chez les enfants un empoisonnement du sang appelé une méthémoglobinémie ou encore maladie bleue (Amaramadi et Touati, 2013). Les nitrates 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 (Vilaginès, 2010).

2.2.3. Soufre :

On peut facilement trouver le soufre dans l'environnement sous forme de sulfure, globalement à des doses supérieures à 400 mg/l, les substances sulfuriques peuvent avoir sur la santé des perturbations de la circulation sanguine, problèmes au cœur, foie, yeux et reproduction...etc [1].

2.2.4. Calcium :

Le manque de calcium est l'une des principales causes de l'ostéoporose. L'ostéoporose est une maladie dont les sujets ont des os extrêmement poreux, elle touche essentiellement les femmes après la ménopause et conduit souvent à une courbure de la colonne vertébrale et à un tassement des vertébrale de la colonne (Gueroui, 2015).

2.2.5. Fer :

À des doses supérieures à 0.3mg/L le fer peut causer des conjonctivites, des problèmes de rétines s'il est en contact. Des concentrations excessives d'oxyde de fer peuvent augmenter le risque de développement de cancer du poumon [2].

2.2.6. Phosphore :

Trop de phosphates peuvent provoquer des problèmes de santé, tels que de l'ostéoporose ou des problèmes aux reins. Peut aussi provoquer des brûlures de la peau, peut endommager le foie et le cœur (Gueroui, 2015).

2.2.7. Chlore :

Respirer de petites quantités de chlore pendant des périodes courtes affecte le système respiratoire, cela peut aller de toux et de douleur à la poitrine à la rétention d'eau dans les poumons. Le chlore irrite la peau et les yeux (Amaramadi et Touati, 2013).

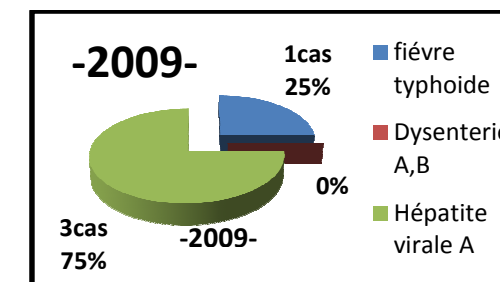
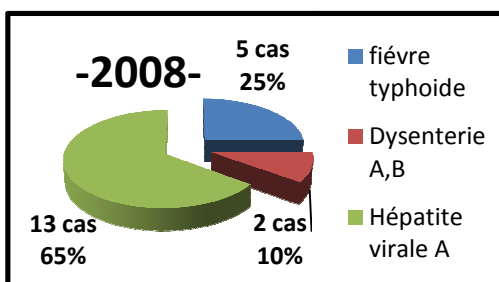
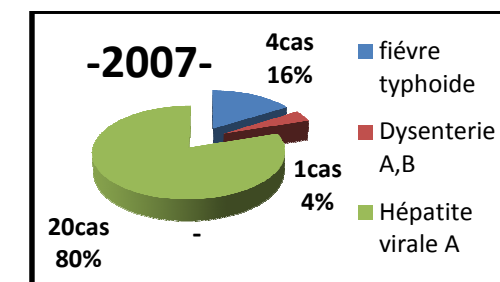
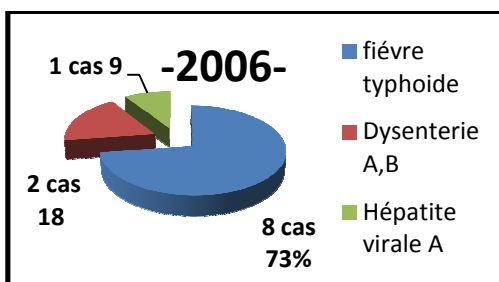
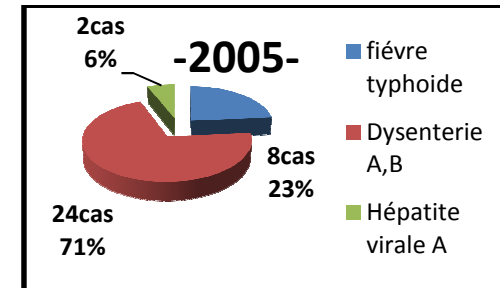
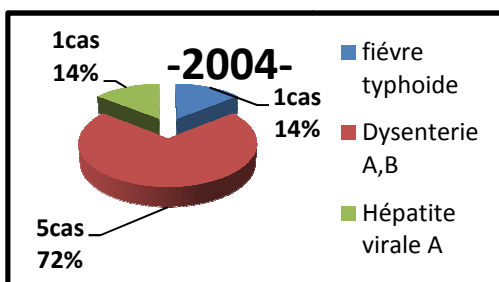
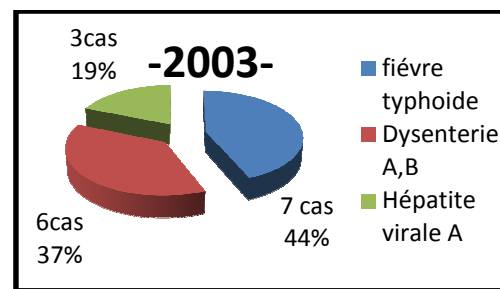
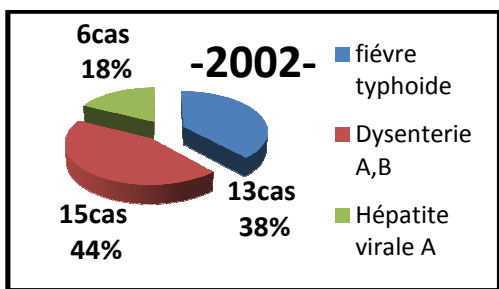
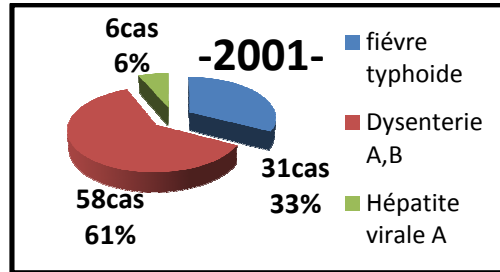
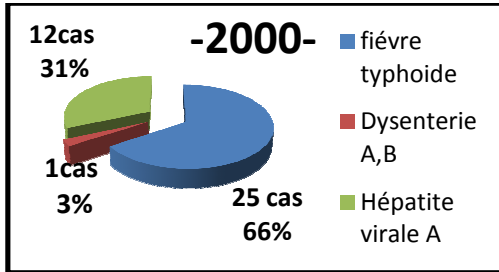
2.3. Autres maladies d'origine hydriques :

Tableau 1: Autre maladies hydriques (Boubidi, 2007).

Type de maladie	Maladie	Agent causal	Exemple
Virale	Poliomyélite Hépatite infectieuse	Virus de la poliomyélite Virus de l'hépatite A, E	L'Hépatite A : L'hépatite A est une maladie du foie, hépatique virale dont l'évolution peut être bénigne ou grave.
Parasitaire	Amibiase Paludisme	Amibes Plasmodium	Amibiase : maladie parasitaire due à l'infection par l'amibe <i>Entamoeba histolytica</i> . Elle traverse la muqueuse de l'intestin et de détruire la paroi.
Fongique	Condidose Pityrosporoses	<i>Candida albicans</i> Malassezia sp	Candidoses : C'est une infection des organes génitaux par un champignon du genre <i>Candida</i> peuvent provoquer des infections superficielles touchant les muqueuses et la peau.

3- MTH dans la wilaya de Guelma (2000-2015) :

Les données fournis par la direction de la santé et de la population des maladies à transmission hydrique au niveau de la wilaya de Guelma sont :



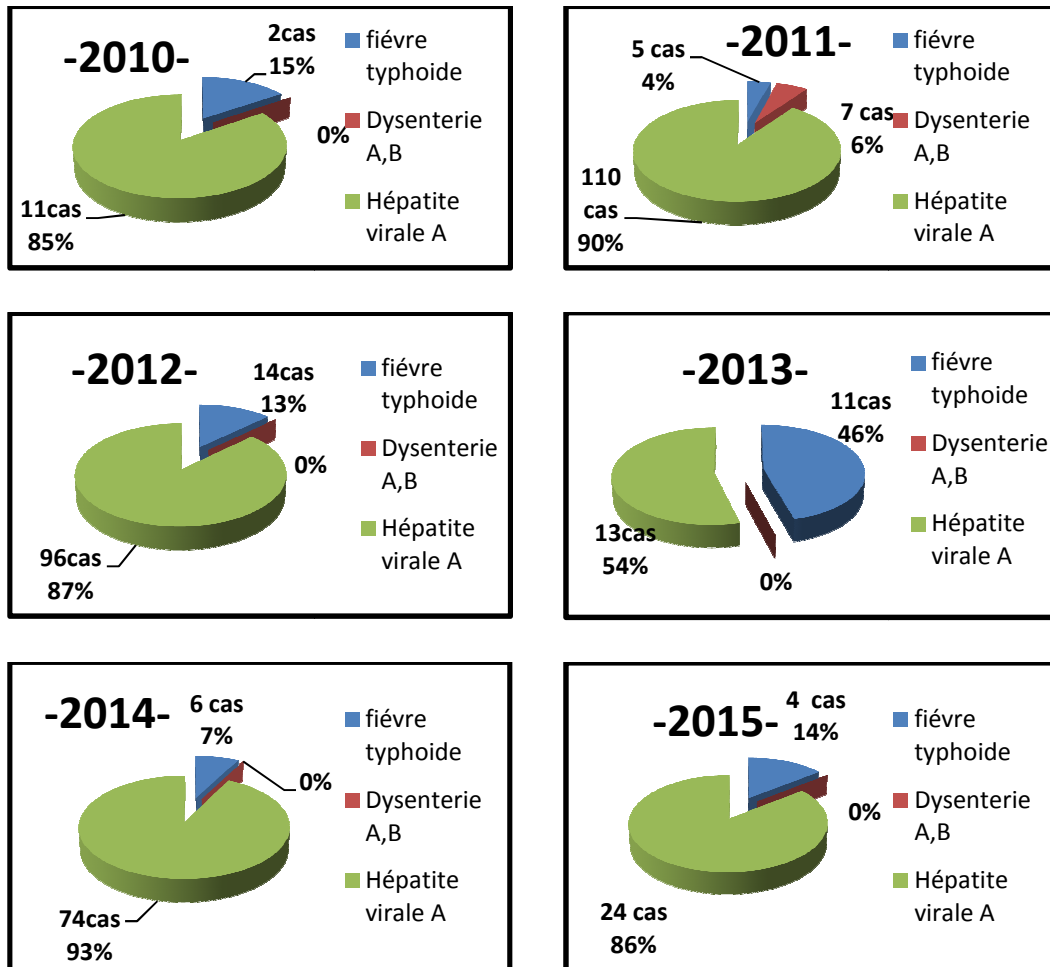


Figure 1: Situation épidémiologiques des MTH de la wilaya de Guelma (2000-2015).

La dysenterie est disparue depuis 2012, En 2011 l'hépatite virale A atteint 90 % comme valeur maximale dans cette année, la Fièvre typhoïde atteint des valeurs maximales dans les années 2000, 2001, 2002 et 2012.

4- Présentation de la zone d'étude :

La wilaya de Guelma est située au Nord-est de l'Algérie à 60 km environ de la Méditerranée. Elle est Limitée au Nord par la wilaya d'Annaba, au Nord-est par la wilaya d'El Tarf, au Sud-est par la wilaya de Souk Ahras et Oum-El Bouagui, à l'Ouest par la wilaya de Constantine et au Nord-Ouest par la wilaya de Skikda, Elle s'étend sur une superficie de 3686,84 Km² (Aouissi et Houhamdi ,2010). Population 157 334 habitants (2012) et densité 3 517 hab /km², Coordonnées géographiques : 36° 28' 00" Nord 7° 26' 00" Est (Abda, 2015).

La zone d'étude se situe dans la plaine de Guelma. Elle concerne « Ras El Ma » et « Héliopolis ».

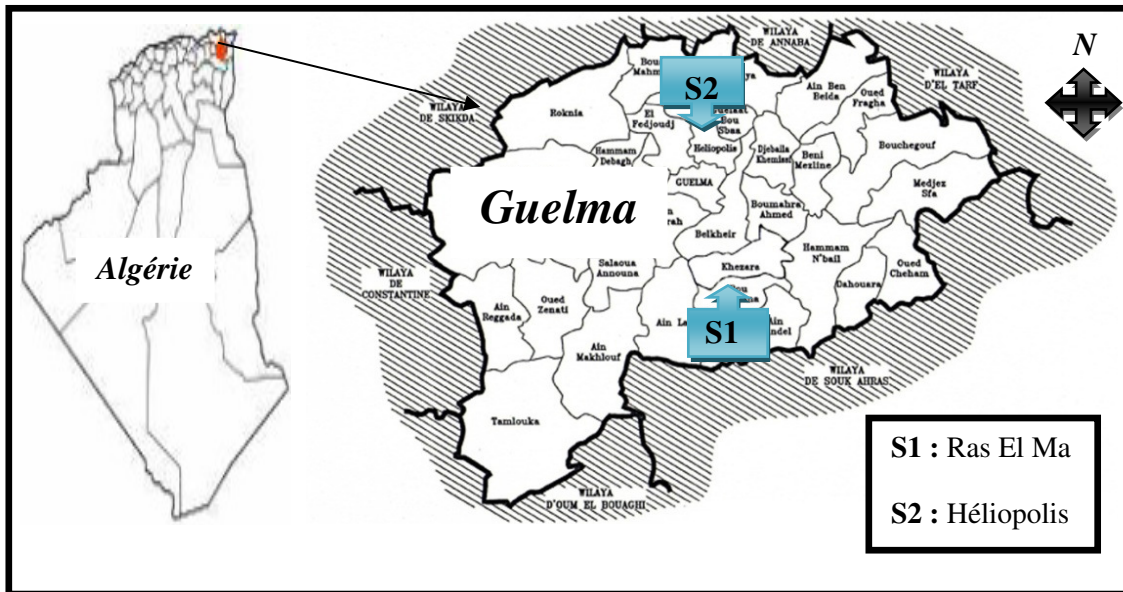


Figure 02: Localisation géographique de la zone d'étude

4-1. Ras El Ma :

Mechtat Ras El Ma (zone 1) Distante de 28 km de la commune Guelma, relevant de la daïra de Khezaras, la commune de Bouhachana, Perchée à 905 mètres d'altitude. Elle a pour coordonnées géographiques : Latitude: 36°29' nord, Longitude: 7°29' est, Elévation 3041, Précision 20,9. Mechtat Ras El Ma est réputée pour son relief accidenté et une couverture végétale importante est représentée par les champs de blé et d'orge [3].

4- 2. Héliopolis :

La région de Héliopolis est située dans la wilaya de Guelma daïra de Héliopolis. Entourée par Hammam Debagh, Guelma et Belkheir, Héliopolis est Située à 224 mètres d'altitude avec un nombre d'habitants 26 328 habitants, elle se caractérise par un cadre biotique important. [4]. La commune de Héliopolis a pour coordonnées géographiques : Latitude: 36° 30' nord, Longitude: 7° 15' est, Elévation 771.7, Précision 20.2.

Chapitre II

Matériel et méthodes

Les analyses bactériologiques ont été effectuées au laboratoire de la Direction de la Santé et la Population, alors que les analyses physico-chimiques sont effectuées au niveau du laboratoire de l'Université de 08 mai 1945 Guelma, et au niveau du laboratoire de la station de traitement de l'eau (Barrage de Bouhamdane).

1-Matériel :

Le matériel utilisé sera sites au fur et à mesure de leur utilisation.

2-Méthodes d'analyses :

Les analyses ont porté sur 22 paramètres physico-chimiques qui sont : la Température, pH ; Conductivité, Résistivité, Salinité, Turbidité, Oxygène dissous, Matière Organique, Résidus Sec, TDS, ORP, Dureté total (TH), Alcalinité, Bicarbonate (HCO_3^-), Chlorure (Cl^-), Sulfate (SO_4^{2-}), Nitrate (NO_3^-), Nitrite (NO_2^-), Ammonium (NH_4^+), Ortho phosphate (PO_4^-), Fer total (Fe^{2+}).

2.1. Echantillonnage :

2.1.1 .Choix des stations :

Pour contribuer à l'évaluation de la qualité bactériologique et physico-chimique des eaux de source de la wilaya de Guelma nous avons choisis précisément la source de Héliopolis dans la région d'Héliopolis et la source de Ras El Ma dans la région de Bouhachana parmi des centaines de sources de la wilaya. Ces deux points de prélèvement sont choisis à cause de leur différenciation géographique, géologique et la nature agricole qui l'entoure. Ce sont des sources importantes pour l'alimentation en eau potable dans la wilaya de Guelma.

2.1.2. Prélèvements :

Le prélèvement doit s'effectuer dans des conditions d'asepsie rigoureuse. On a utilisé des flacons de 100/150 ml en verre pyrex munis d'un large col et d'un bouchon à visse métallique stérilisé à 180°C pendant 20 min pour l'analyse bactériologique. Et des bouteilles en plastiques 1,5 litre pour l'analyse physico-chimique (Savary, 2010). La technique utilisée pendant le prélèvement est la technique de flambage pour la source de Héliopolis quel s'agit de flamber le robinet par une flamme puis laissé couler pendant

5min en répètent 3 foi, pour la source de Ras El Ma en prélevons directement (Rodier, 2009).

2.1.3. Transport et conservation des échantillons :

Les flacons doivent être soigneusement étiqueté et transmis sans retard au laboratoire, il importe de procéder à l'analyse dans un délai très court, inférieur à 8 heures et conserve immédiatement dans une glacière avec une réserve de froid suffisante pour garder une température égale à 4° C jusqu'à l'arrivée au laboratoire. En aucun cas l'analyse ne doit être effectuée lorsque le délai dépasse 24 heures. Si le transport doit dépasser une heure, il faut utiliser une boîte isotherme munie d'éléments réfrigérants (Rodier, 2009).

2.2. Analyse physico-chimique :

2.2.1. Paramètres organoleptiques :

Turbidité :

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux par la présence de matière en suspension fine, comme l'argile, les limons, les grains de silice. Une faible part de la turbidité peut due à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale (Reggam ,2015).

➤ Principe :

La turbidité est la mesure d'une propriété optique de l'eau qui résulte de la dispersion et de l'absorption de la lumière par les particules de matières en suspension présentes. La quantité de turbidité mesurée dépend de variables telles que la taille, la forme et les propriétés de réfraction des particules (Cardot et Gilles, 2013).

➤ Mode opératoire :

- Mettre le turbidimètre sous tension Entrer le numéro "750" du programme mémorisé pour la turbidité et Ajuster la longueur d'onde à 860 nm.
- Placer le blanc (25 ml d'eau distillée).
- Ajuster le zéro de l'appareil en appuyant sur la touche "zéro".

- Retirer le blanc et placer 25 ml de l'échantillon.
- Appuyer " READ " et le résultat en NTU s'affiche.

➤ **Résultat :**

Le résultat est affiché sur un turbidimètre appelé aussi néphélogéométrie, du type AL450T-IR, Elle exprimée en NTU (Nephelometric Turbidity Unit).

2.2.2. Paramètres physico-chimiques :

1. pH :

Le pH dépend de l'origine des eaux, de la nature géologique du substrat et du bassin versant traversé, ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques entre l'eau, le gaz carbonique dissous, les carbonates et les bicarbonates qui constituent des solutions tamponnées conférant à la vie aquatique un développement favorable [4]. Nous avons mesuré le pH par multi paramètre, du type (HANNA HI 9829).

➤ **Mode opératoire :**

- Plongé l'électrode du multi paramètre HANNA, dans la solution a mesuré à une profondeur minimum de 4 cm.
- Attendre que la valeur soit stable avant la lecture.
- La concentration en oxygène dissous dans l'eau est communément exprimée en milligramme par litre (mg/l) et en pourcentage de saturation.

2. Température :

La température de l'eau dépend des échanges thermiques avec l'air ambiant et du rayonnement solaire, la détermination de la température est très importantes dans les études de potabilité des eaux de surface ou souterraine. L'élévation de la température s'accompagne d'une diminution de la densité, d'une réduction de la viscosité, d'une augmentation de la tension de vapeur saturante à la surface et d'une diminution de la solubilité des gaz (Cardot et Gilles, 2013). La mesure de la température est effectuée sur le terrain à l'aide d'un thermomètre. Nous lirons directement la température exprimée en degré Celsius (C°).

3. Oxygène dissous :

L'eau absorbe autant d'oxygène que nécessaire pour que la pression partielle d'oxygène dans le liquide et l'air soit 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 O₂ diminue lorsque la température et l'altitude augmente (Dahbia, 2014). La détermination de l'oxygène dissous (O₂) est effectuée par un multi paramètre (HANNA HI 9829).

4. Conductivité :

La conductivité de l'eau est une mesure de sa capacité à conduire le courant électrique. La mesure de la conductivité permet d'apprécier rapidement mais très approximativement la minéralisation de l'eau et d'en suivre l'évolution. (Lanjiri et al, 2014). Selon Reggam (2015), la température et la viscosité influent également sur la conductivité car la mobilité des ions augmente avec l'augmentation de la température et diminue avec celle de la viscosité. La conductivité des eaux s'exprime en micro siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$). La mesure est effectuée au laboratoire de l'université 8 mai 19945 par un multi paramètre (HANNA HI 9829).

5. Salinité :

La salinité est proportionnelle à la conductivité c'est pour cela sa variation suit la même allure [5]. La mesure est effectuée par un multi paramètre (HANNA HI 9829).

6. Résistivité :

La mesure de résistivité permet d'évaluer rapidement mais approximativement la minéralisation globale d'une eau potable. L'unité de résistivité est le Microohmcentimètre ($\mu\Omega.\text{cm}$) (Rodier, 2009). La mesure est réalisée par un multi paramètre (HANNA HI 9829).

7. ORP (Oxydo Réduction Potentiel) :

Dans les systèmes aqueux, le potentiel redox affecte les états d'oxydation des éléments (H, C, N, O, S, Fe...). Dans une eau bien oxygénée, les conditions d'oxydation dominant quand la concentration d'oxygène diminue, le milieu devient plus réducteur; ce qui se traduit par une réduction du potentiel redox (Reggam ,2015). La réduction

d'un oxydant en réducteur s'accompagne toujours d'un gain d'électrons par l'oxydant. Inversement, l'oxydation d'un réducteur en un oxydant s'accompagne toujours d'une perte d'électrons par le réducteur. (Rodier, 2009). La mesure est réalisée par un multi paramètre (HANNA HI 9829).

8. Alcalinité :

L'alcalinité d'une eau peut être définie comme la capacité du milieu aqueux à réagir avec les ions H_3O^+ . Elle est due à la présence des ions mono hydrogénocarbonates HCO_3^- , carbonates CO_3^{2-} et hydroxydes OH^- et dans une moindre mesure aux ions orthophosphate PO_4^{3-} et silicate $HSiO_3^-$ ou encore aux espèces moléculaire des acides faible. Elle est quantifiée par le TA (titre alcalimétrique) et par TAC (titre alcalimétrique complet) (Cardot et Gilles, 2013).

➤ Principe :

L'alcalinité se mesure par la neutralisation d'un certain volume d'eau par une solution diluée d'un acide minéral. Le point d'équivalence étant déterminé par des indicateurs colorés (Rodier, 2009).

➤ Mode opératoire :

- Détermination du TA :

- Prélever 100 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer de 250 ml.
- Ajouter 1 à 2 gouttes de phénophtaléine.
- Si une couleur rose apparaît, on doit alors Verser doucement l'acide dans la capsule à l'aide d'une burette, en agitant constamment et ceci jusqu'à décoloration complète de la solution.

➤ Résultat :

$$TA = (V1 \times N \times 1000) \times \text{masse molaire des carbonates} / V$$

$$\text{Masse molaire des carbonates} = 60 \text{mg}$$

V est le volume en millilitres, de la prise d'essai (100) ml.

V1 est le volume de la solution d'acide chlorhydrique (HCl) à 0,01 N versé de la burette.

N est la normalité de la solution d'acide chlorhydrique = 0.01N.

-Détermination du TAC :

Utiliser l'échantillon traité précédemment ou le prélèvement primitif s'il n'y a pas de coloration. Ajouter 2 gouttes de méthylorange et titrer de nouveau avec le même acide jusqu'au virage du jaune au jaune orangé (Rodier, 2009).

➤ Résultat :

$TAC = (V2 * N * 1000) * \text{masse molaire des bicarbonates} / V$

Masse molaire des bicarbonates = 61mg

V est le volume en millilitres, de la prise d'essai (100) ml.

V2 est le volume d'acide chlorhydrique en millilitres.

N est la normalité de la solution d'acide chlorhydrique = 0.01N

2.2.3. Paramètres de minéralisation globale :

1. Résidu sec :

Le résidu sec correspond aux matières dissoutes, ce sont des matières dispersées de façon homogène dans l'eau, faiblement polarisées ou ionisées (Rodier, 2009).

➤ Principe :

La détermination des résidus permet d'estimer la teneur en matières dissoutes d'une eau (Cardot et Gilles, 2013).

➤ Mode opératoire :

Elle consiste à prélever 200 ml d'eau à analyser dans un bucher. Ce dernier est placé à l'étuve à 105°C pendant 24 heures, puis laisser refroidir pendant ¼ d'heure au dessiccateur, et peser immédiatement.

➤ **Expression des résultats :**

- Les résultats sont donnés par la formule suivante :

$$RS \text{ mg/l} = (Pp-PV) * 5 * 1000$$

- PP: Poids plein de la capsule.
- PV: Poids à vide de la capsule

2. TDS (Solides Dissouts Totaux) :

Les solides dissouts totaux représentent la concentration totale des substances dissoutes dans l'eau. Le TDS est composé de sels inorganiques et de quelques matières organiques. Les sels inorganiques communs trouvés dans l'eau incluent le calcium, le magnésium, le potassium et le sodium qui sont tous des cations et des carbonates, nitrates, bicarbonates, chlorures et sulfates qui sont tous des anions [6]. La détermination du TDS est effectuée par un multi paramètre (HANNA HI 9829) et exprimé en mg/l.

3. Dureté totale (Titre hydrotimétrique) :

La dureté a un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés, elle correspond à la somme des concentrations en cation métalliques à l'exception de ceux métaux alcalins et de l'ion hydrogène. Dans la plupart des cas la dureté sont surtout due aux ions calcium et magnésium, La dureté s'exprime souvent en degré français (°F) (Cardot et Gilles, 2013).

- **Détermination de la dureté totale:**

En pratique la dureté totale est définie par la somme des cations calciums et magnésiums. On détermine la dureté totale de l'eau par la méthode complexométrique (Rodier, 2009).

➤ **Mode opératoire :**

- Prélever 50 ml de l'eau à analyser,
- Ajouter 4 ml de solution tampon (hydroxyde d'ammonium 34%) pour que le milieu soit basique.

- On ajoute quelques grains d'indicateur coloré (Noir Eriochrome T),
- Titrer avec l'EDTA. La fin de la réaction est visualisée par l'indicateur devenu libre, du rose vers le bleu.

➤ **Expression des résultats :**

$$TH (^{\circ}F) = V \text{ (ml)} * 10$$

4. Calcium (Ca 2+) :

Le calcium est un composant majeur de la dureté de l'eau. Sa teneur est liée directement à la nature géologique des terrains traversés. Il existe à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorure... etc. (Rodier, 2009). Sa présence dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles, soit la dissolution des formations carbonatées (CaCO₃), soit la dissolution des formations gypseuses (CaSO₄) (Cardot et Gilles, 2013).

➤ **Mode opératoire** (Méthode titrimétrie à l'EDTA) :

- Prendre 50 ml d'eau à analyser.
- Le dosage doit être réalisé en milieu alcalin, pH est rendu supérieur à 12 par l'addition de 2 ml d'une solution d'hydroxydes de sodium (NaOH).
- Ajouter 2 gouttes d'indicateur de le murixide à la fin de réaction, forme un complexe avec les ions calcium de coloration rouge.
- Au fur et mesure de l'ajout de l'EDTA, les ions calcium se séparent du complexe avec l'indicateur pour se complexer avec l'EDTA. La fin de la réaction est visualisée par l'indicateur devenu libre, de couleur violet (Cardot et Gilles, 2013).

➤ **Expression des résultats :**

La concentration de calcium, en mg/l est donnée par la formule suivante :

$[Ca^{2+}] \text{ mg/l} = \text{Volume d'EDTA} * 8.01$
--

5. Magnésium (Mg^{2+}) :

Le magnésium se place au huitième rang parmi les éléments le plus répandu dans la nature. Il constitue 2,5 % de la croûte terrestre. Les principales sources du magnésium contenu dans ces eaux sont les minéraux ferromagnésiens des roches ignées et les carbonates de magnésium des roches sédimentaires. Il constitue un élément significatif de la dureté de l'eau [3].

➤ **Principe :**

Titration par complexométrie d'ion magnésium avec une solution aqueuse de sel disodique d'acide éthylène-diamine tétra acétique (EDTA) à un $pH=10$. Lors du titrage la solution vire au bleu (Cardot et Gilles, 2013).

➤ **Mode opératoire :**

Le dosage doit être réalisé en milieu alcalin, on ajoute deux ml d'hydroxyde d'ammonium pour l'ajustement du $pH=10$ et quelque graine de Noir Eriochrome, le titrage s'effectuer par l'addition goutte à goutte l'EDTA. La fin de la réaction est visualisée par l'indicateur devenu libre, de couleur bleu.

➤ **Expression des résultats :**

La concentration de magnésium, en mg/l est donnée par la formule suivante :

$$[Mg^{2+}] \text{ mg/l} = V_1 * 0.2 - V_2 * 0.2$$

V_1 : Volume d'EDTA pour TH.

V_2 : Volume d'EDTA nécessaire pour la concentration de Ca^{2+} .

6. Chlorure (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 ($CaCl_2$). Leur présence dans les eaux de surfaces dépend de l'origine de l'eau et de la nature du terrain qu'elle traverse (Cardot et Gilles, 2013).

➤ **Principe :**

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrates d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent (Savary, 2010).

➤ **Mode opératoire :**

-Introduire 25 ml d'eau à analyser, dans un erlenmeyer au col large.

-Ajouter 02 à 03 gouttes de solution de chromate de potassium K_2CrO_4 (coloration jaunâtre).

-Verser au moyen d'une burette la solution de nitrate d'argent $AgNO_3$ jusqu'à apparition d'une teinte rougeâtre, qui doit persister 1 à 3min.

-Compter le volume (le nombre de millilitres) de nitrate d'argent utilisé (Rodier, 2009).

➤ **Résultats :**

Le résultat est donné par la formule suivante :

$$Cl_2 \text{ (mg/l)} = \text{Volume de } AgNO_3 * 142$$

7. Sulfate (SO_4^{2-}):

Les sulfates sont des composés naturels des eaux. Ils sont d'origine naturelle (gypse, pyrite, volcans), industrielle (industrie pétrolière, tannerie, papeterie, industrie textile) et proviennent aussi des produits de traitement agricole (Rodier, 2009).

➤ **Principe :**

Les ions sulfates sont précipités et dosés à l'état de sulfate de baryum suivant la réaction :



➤ **Mode opératoire :**

Les ions sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique à l'état de sulfate de baryum. Après l'étalonnage de spectrophotomètre le dosage se réalise selon les étapes suivantes :

- Prendre 20ml de l'eau à analyser puis compléter à 100 ml d'eau distillée.
- Ajouter 5ml de la solution stabilisante.
- Ajouter 2ml de chlorure de baryum.
- Agiter pendant 1 minute puis passer au spectrophotomètre au 420 nm.

➤ **Résultat :**

Les résultats sont exprimés directement en mg/L.

8. Fer totale (Fe^{2+}) :

➤ **Principe :**

Le réactif ferrozine forme un complexe de couleur violette avec les traces de fer dans l'échantillon tamponné à pH=3,5 (Savary, 2010).

➤ **Mode opératoire :**

- Prendre comme prise d'essai, 50 ml.
- Transvaser la solution dans une fiole de 100 ml, ajouter 1 ml de la solution chlorhydrate hydroxylamine et mélanger soigneusement.
- Ajouter 2ml de tampon acétate pour obtenir un pH entre 3.5 et 5.5 de préférence 4.5.
- Ajouter 2ml de la solution phénantroline et conserver pendant 15 min à l'obscurité.
- Mesurer l'absorbance à l'aide d'un spectrophotomètre UV VIS à 510 nm.

➤ **Résultat :**

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre en mg/l du fer.

2.2.4. Paramètres concernant des substances indésirables :

1. Matière organique :

La matière organique provienne soit de l'érosion des sols, soit de la décomposition de matières animales ou végétales qui se trouvent dans l'eau (Rodier, 2009).

➤ **Principe :**

Cette mesure renseigne sur la quantité d'oxygène utilisée pour la réduction du permanganate de potassium par matières organiques présentes dans une eau. Le dosage doit être réalisé en milieu alcalin à Chaud.

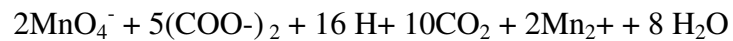
➤ **Mode opératoire :**

La détermination de la matière organique peut se décomposer en plusieurs étapes (Savary, 2010) :

- La première étape : chauffage à ébullition douce d'un 100ml d'eau à analyser en présence de 10 ml d'acide sulfurique à 50% et 10 ml de solution de permanganate de potassium pendant 10 minutes. Il se produit la réduction d'une partie du KMnO_4 par la matière oxydable de l'échantillon selon l'équation suivant :



- Deuxième étape : ajouter 10 ml de l'acide oxalique, La réduction de l'excès de permanganate de potassium par l'acide oxalique selon l'équation suivant :



- Troisième étape : le titrage en retour de l'excès d'acide oxalique par le permanganate de potassium. La fin de la réaction est visualisée par le virage du couleur rose clair. Faire un essai à blanc pour déterminer la consommation de permanganate de potassium en absence de matière oxydable en opérant dans les mêmes conditions.

➤ **Résultat :**

L'indice permanganate (x) de l'échantillon, exprimé en milligramme d'oxygène par litre est donné par l'expression suivante :

$$\text{M.O mg/l} = \text{le nombre de ml de } \text{KMnO}_4$$

2. Nitrate (NO_3^-):

Les nitrates se trouvant naturellement dans les eaux, proviennent en grande partie de l'action de l'écoulement des eaux sur le sol constituant le bassin versant. Ils

sont issus de l'oxydation des nitrites par les microorganismes dans les plantes, le sol ou l'eau.

➤ **Principe :**

Le dosage des nitrates s'effectue en présence de salicylate de sodium. Les nitrates donnent du paranitrosionate de sodium coloré en jaune, peuvent être mesurés par colorimétrie [6].

➤ **Mode opératoire :**

Après l'étalonnage de spectrophotomètre le dosage se réalise selon les étapes suivantes (Savary, 2010):

- Prendre 10 ml de l'eau à analyser dans un bécher à 250ml.
- Ajouter 2 à 3 gouttes d'hydroxyde de sodium à 30%.
- Ajouter 1 ml de salicylate de sodium.
- Evaporer à sec au bain marie à 75-88°C, laisser refroidir.
- Rendre le résidu avec 2 ml d'acide sulfurique concentré et laisser reposer 10 minutes.
- Ajouter 15ml d'eau distillée et 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium.

➤ **Résultat :**

Le résultat est donné directement en mg /l.

3. Nitrite (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 [2].

➤ **Principe :**

Les ions nitrites réagissent en milieu acide avec le sulfamide en formant sel de diazonium.

➤ **Mode opératoire :**

Après l'étalonnage de spectrophotomètre le dosage se réaliser selon les étapes suivantes :

- Prendre 50 ml de l'eau à analyser dans une fiole jaugée de 50 ml ;
- Ajouter 1 ml du réactif mixte ;
- Attendre 10 minutes puis passer au spectrophotomètre au 543 nm ;
- L'apparition de la coloration rose indique la présence des ions nitrates.

➤ **Résultat :**

Le résultat est donnée directement en mg /l (Rodier, 2009).

4. Ammonium (NH_4^+):

Dans l'eau, l'azote se trouve sous deux formes : L'ammoniac (NH_3^+) et l'ammonium (NH_4^+). La présence de l'ammonium dans les eaux résulte le plus souvent de la décomposition de matières organique (Savary, 2010).

➤ **Principe :**

Les ions d'ammoniums réagir avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitrosopentacyanoferrate (III) de sodium.

➤ **Mode opératoire :**

Après l'étalonnage de spectrophotomètre le dosage se réaliser selon les étapes suivantes (Rodier, 2009) :

- Prendre 20ml de l'eau à analyser.
- Ajouter 4ml du réactif I

- Ajouter 4ml du réactif II et ajuster à 50ml avec eau distillée et conserver à l'obscurité pendant 1h30 puis passer au spectrophotomètre au 655 nm.
- L'apparition de la coloration verdâtre indique la présence des ions d'ammonium.

5. Phosphate (PO_4^{3-}) :

La pollution causée par les phosphates est due en partie à des rejets d'eaux domestiques et industrielles (détergents et industries chimiques) et en partie à l'utilisation des fertilisants et des engrais considérés comme des éléments favorisant l'eutrophisation des masses d'eau stagnantes (Cardot et Gilles, 2013).

➤ **principe :**

Le phosphate est dosés par un Photomètre multi paramètres de type HI 83200.

➤ **Mode opératoire :**

- 50 ml d'eau à analyser.
- 1ml acide ascorbique.
- Ajouter 2 ml de réactif mixte.
- Ajouter l'eau distillé jusqu'au 50 ml, puis agiter pendant 2 minutes (Savary, 2010).

6. Bicarbonate (HCO_3^-) :

Il existe de nombreuses eaux dites « bicarbonatées » car contenant plus de 600mg/l de bicarbonates. Elles auront un effet alcalinisant sur l'organisme. Elles neutraliseront l'acidité par leur pouvoir « tampon ». Le problème est qu'elle s'agissant le plus souvent de bicarbonate de sodium, il faudra tenir compte de cet apport en sodium qui n'est pas toujours bon pour la santé (par exemple dans certaines maladies du cœur ou du rein [7]).

➤ **Principe :**

La première consiste à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC) ou le volume en ml d'acide, la seconde à calculer le titre (HCO_3^-).

➤ **Résultat :**

Le résultat est donné par la formule suivante :

R : résultat de TAC

$$\text{HCO}_3^- \text{ mg/l} = R * 12.2$$

2.3. Analyses bactériologiques :

2.3.1. Recherche et dénombrement des germes revivifiables :

La recherche des micro-organismes aérobies non pathogènes dits revivifiables, permet de dénombrer les bactéries se développant dans des conditions habituelles de culture et représentant la teneur moyenne en bactéries d'une ressource naturelle. Ces germes n'ont pas d'effets directs sur la santé mais sous certaines conditions ils peuvent générer des problèmes. Ce sont des indicateurs qui révèlent la présence possible d'une contamination bactériologique (Cardot et Gilles, 2013). La méthode de référence pour l'analyse consiste à une inoculation de l'échantillon dans la masse et un dénombrement du nombre des unités formant colonies (UFC) et pas en nombre de cellules, selon les conditions d'incubation :

➤ **Mode opératoire :**

- A partir de dilution décimale 10-1, 10-2 effectuer par l'échantillon analysé (solution mère).
- Porter aseptiquement 1ml de chaque échantillon de dilution dans des boites de Pétri étiquetées au préalable et numérotées.
- Compléter ensuite avec 19 ml de gélose nutritive, fondue et maintenue à 45°C. Incorporer à la fin l'eau des échantillons avec la gélose, en effectuant des mouvements circulaires de va et vient en forme de 8.
- On Laisse solidifier sur la paillasse pendant 10 min, puis incuber à températures 37°C (Labres et *al*, 2008).

➤ **Lecture :**

Les colonies de micro-organismes revivifiables apparaissent sous formes lenticulaires poussant en masse.

➤ **Dénombrement :**

Le dénombrement consiste à retenir les boîtes contenant entre 15 et 300 colonies, dont les résultats seront exprimés par unité formant colonie (UFC) de micro-organismes revivifiables dans un ml d'eau à analyser à 37°C (Rodier, 2009).

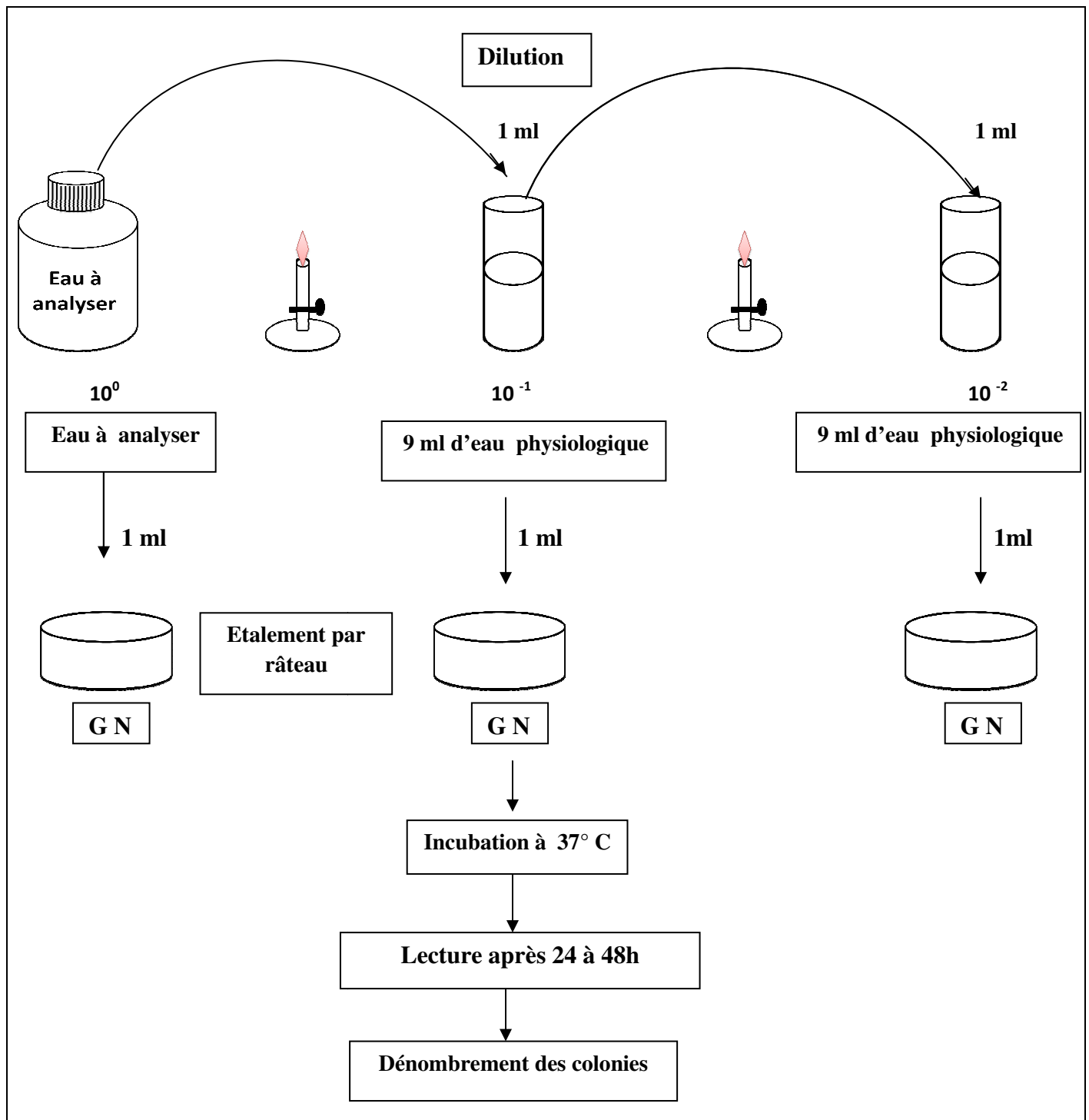


Figure 03 : Recherche et dénombrement des germes totaux.

2.3.2. Recherche et dénombrement des germes indicateurs de contamination fécale :

2.3.2.1 Recherche et dénombrement des coliformes totaux et coliformes fécaux :

La recherche et le dénombrement des germes Coliformes ; notamment les Coliformes fécaux a été effectuée par la méthode du nombre le plus probable (NPP) appelée aussi colimétrie (Rodier, 2009).

➤ Mode opératoire :

Cette recherche se caractérise par deux phases successives

- Test présomptif : pour la recherche des Coliformes Totaux ;
- Test confirmatif : pour la recherche des Coliformes fécaux (E- Coli) ou coliformes thermotolérants ;

1- Test présomptif :

Pour ce test on utilise le milieu BCPL en D/C et S/C, les tubes sont munis de cloche de Durham pour déceler le dégagement éventuel de gaz dans le milieu. On travaille avec une série de 3 tubes :

-3 tubes de BCPL D/C avec 10 ml de l'échantillon ;

-3 tubes de BCPL S/C avec 1 ml de l'échantillon ;

-3 tubes de BCPL S/C avec 0.1 ml de l'échantillon ;

Les tubes inoculés sont homogénéisés par agitation douce pour ne pas faire pénétrer d'air dans la cloche.

➤ Lecture :

Après 48 heures d'incubation dans une étuve à 37°C, seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois:

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

On retient le nombre caractéristique constitué par les trois chiffres écrit dans l'ordre des dilutions croissantes en commençant par le nombre correspondant à la plus grande dilution pour laquelle tous les tubes sont positifs (Reggam, 2015). Ce nombre caractéristique obtenu correspond d'après la table de Mac Grady au nombre de bactéries présentes (NPP) dans le prélèvement correspondant à la plus faible dilution prise en compte. Le nombre de coliformes totaux est exprimé dans 100 ml d'échantillon d'eau.

2- Test confirmatif :

Le test de confirmation consiste à déceler la présence des coliformes thermotolérants ou coliformes fécaux (E-Coli).

-Repiquer chaque tube de BCPL trouvé positif avec une anse bouclée ou une pipette Pasteur dans le (ou les) milieu (x) de confirmation. Comme milieu de confirmation, on a utilisé dans le prélèvement : le milieu eau péptoneé exempté d'indole.

-Chasser l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 44°C pendant 24 à 48 heures (Savary, 2010).

- Résultat :

Dans les tubes montrant un trouble, ajouter quelques gouttes du réactif Kovacs.

-Une réaction considérée positive correspond à la formation d'anneau rouge à la surface des tubes autrement dit présence de coliformes fécaux *Escherichia coli*.

-Noter le nombre des tubes positifs et exprimer le résultat selon la table du NPP (Cardot et Gilles, 2013).

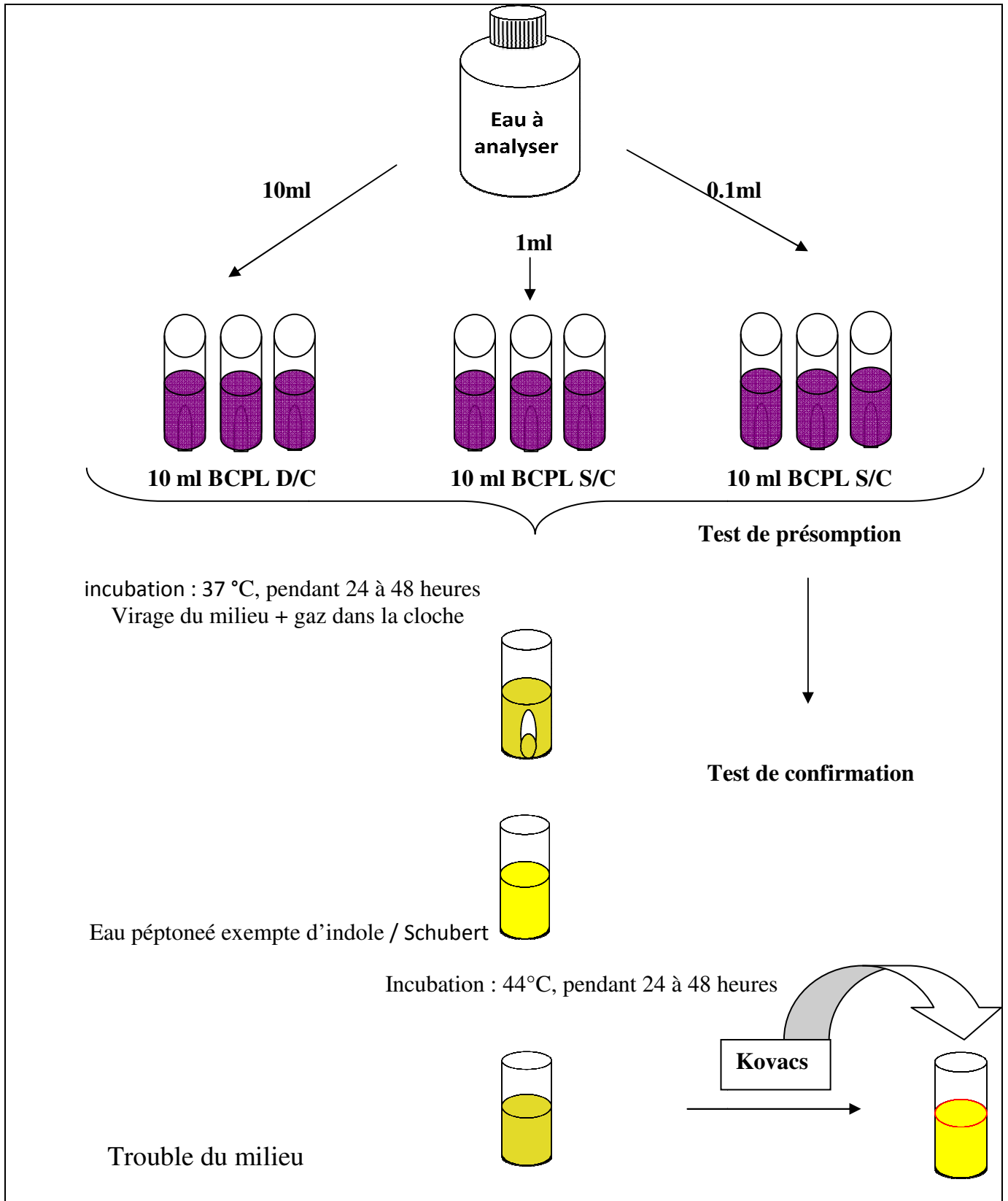


Figure 04 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux dans les eaux de sources S1 et S2.

2.3.2.2. Recherche et dénombrement des *Streptocoques fécaux* :

Les *Streptocoques fécaux* sont dénombrés en milieu liquide à l'aide de deux bouillons de culture (milieu de ROTHE et le milieu EVA- LITSKY). Cette méthode fait appel à deux tests consécutifs à savoir: test de présomption suivi du test de confirmation (Cardot et Gilles, 2013).

1- Test présomptif :

Pour ce test on utilise le milieu ROTHE en D/C et S/C, les tubes sont munis de cloche de Durham pour déceler le dégagement éventuel de gaz dans le milieu. On travaille avec une série de 3 tubes (Rodier, 2009):

-3 tubes de ROTHE D/C avec 10 ml de l'échantillon.

-3 tubes de ROTHE S/C avec 1 ml de l'échantillon.

-3 tubes de ROTHE S/C avec 0.1 ml de l'échantillon.

Les tubes inoculés sont homogénéisés par agitation douce pour ne pas faire pénétrer d'air dans la cloche. L'incubation s'effectue à 37°C pendant 24 à 48 heures.

➤ Lecture :

Les tubes présentant un trouble microbien après incubation seront susceptibles de contenir des *Streptocoques fécaux*, doivent subir un test confirmatif.

2- Test confirmatif :

Les tubes de Rothe trouvés positifs subiront un repiquage sur le milieu l'éthyle violet et acide de sodium (EVA-LITSKY) à l'aide d'une anse bouclée. S'assurer de bien mélanger le milieu avec l'inoculum, dont l'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures (Rodier, 2009).

➤ Résultat :

Les tubes qui représentent un trouble due au développement bactérien, avec ou sans dépôt violet sont considérés comme positifs. Après comptage des tubes positifs, reporter le nombre à la table de NPP (Savary, 2010).

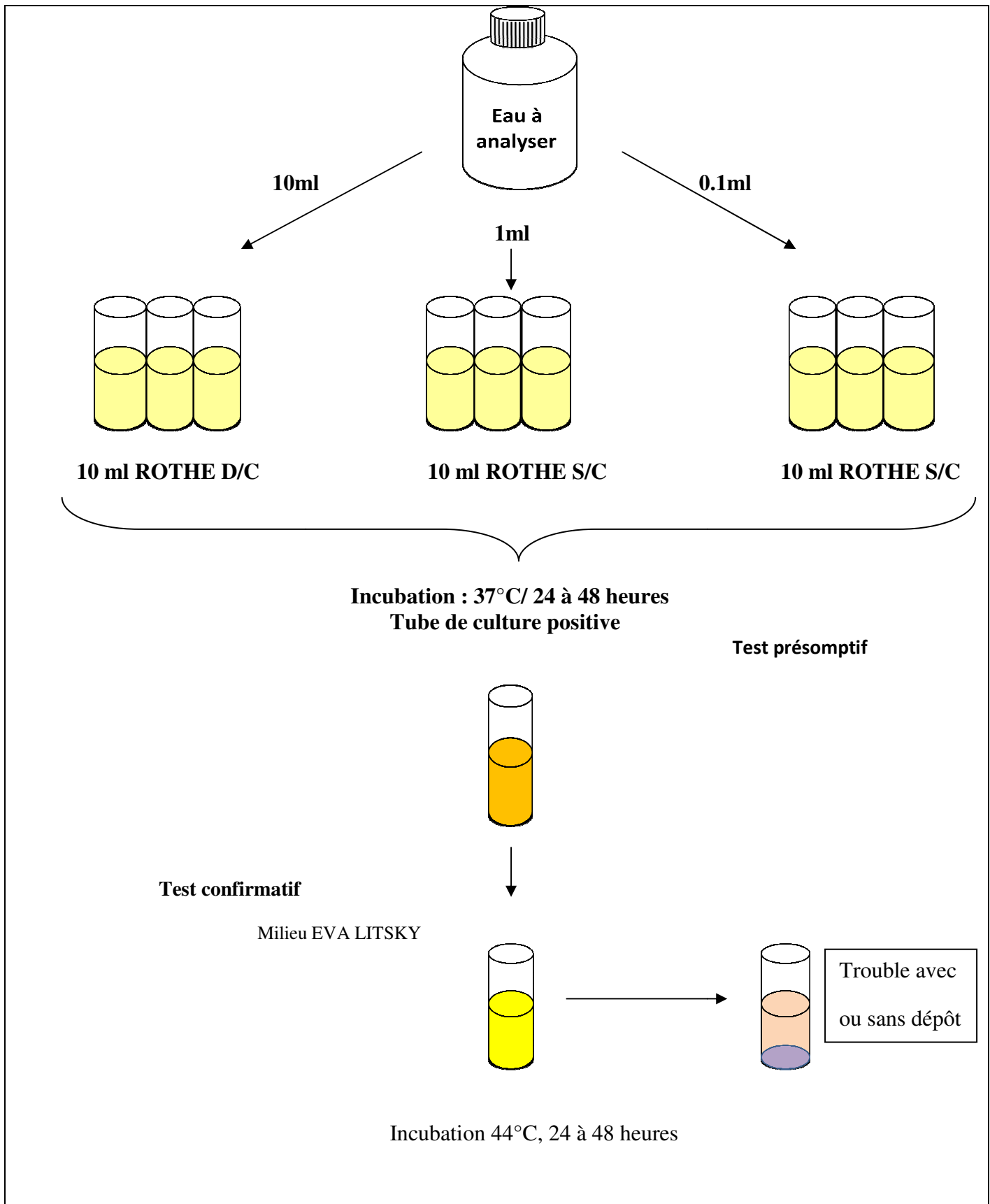


Figure05: Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux.

2.3.3. Recherche et dénombrement des spores de bactéries Anaérobies Sulfito- Réductrices (ASR) :

Les Anaérobies Sulfito-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'un' auréole noire. Celle-ci témoigne de la réduction du Sulfite de Sodium qui est déjà existant dans le milieu, en Sulfure qui en présence du Fe^{2+} donne FeS (Sulfure de Fer) de couleur noire (figure 13).Ce résultat constitue un indice de contamination ancienne.

➤ Mode opératoire :

- Dans quatre tubes stériles répartir 5ml de l'eau à analyser de chaque prélèvement (S1, S2) dont ils subiront un chauffage de l'ordre de 100°C pendant 5 minutes ,dans le but de détruire la flore végétative présentes et autres germes banaux.
- Une fois le chauffage est terminé, refroidir les tubes sous l'eau du robinet.
- Remplir les tubes avec environ 18 à 20 ml de gélose Viande foie; fondue et refroidie à 45°C; additionnée de leurs additifs spécifiques.
- Bien homogénéiser le milieu avec l'inoculum, tout en évitant d'introduire des bulles d'air et de l'oxygène.
- Bouchant les tubes avec du coton cardé.

Laisser les tubes se solidifier sur la paillasse pendant une demi-heure, puis incuber à 37°C durant 24 à 48 heures.

➤ Résultat :

Dénombrer toutes colonies blanches entourées d'un halo noir de 0.5 mm de diamètre, et rapporter le nombre total des colonies dans les quatre tubes à 20 ml d'eau à analyser (Rodier, 2009).

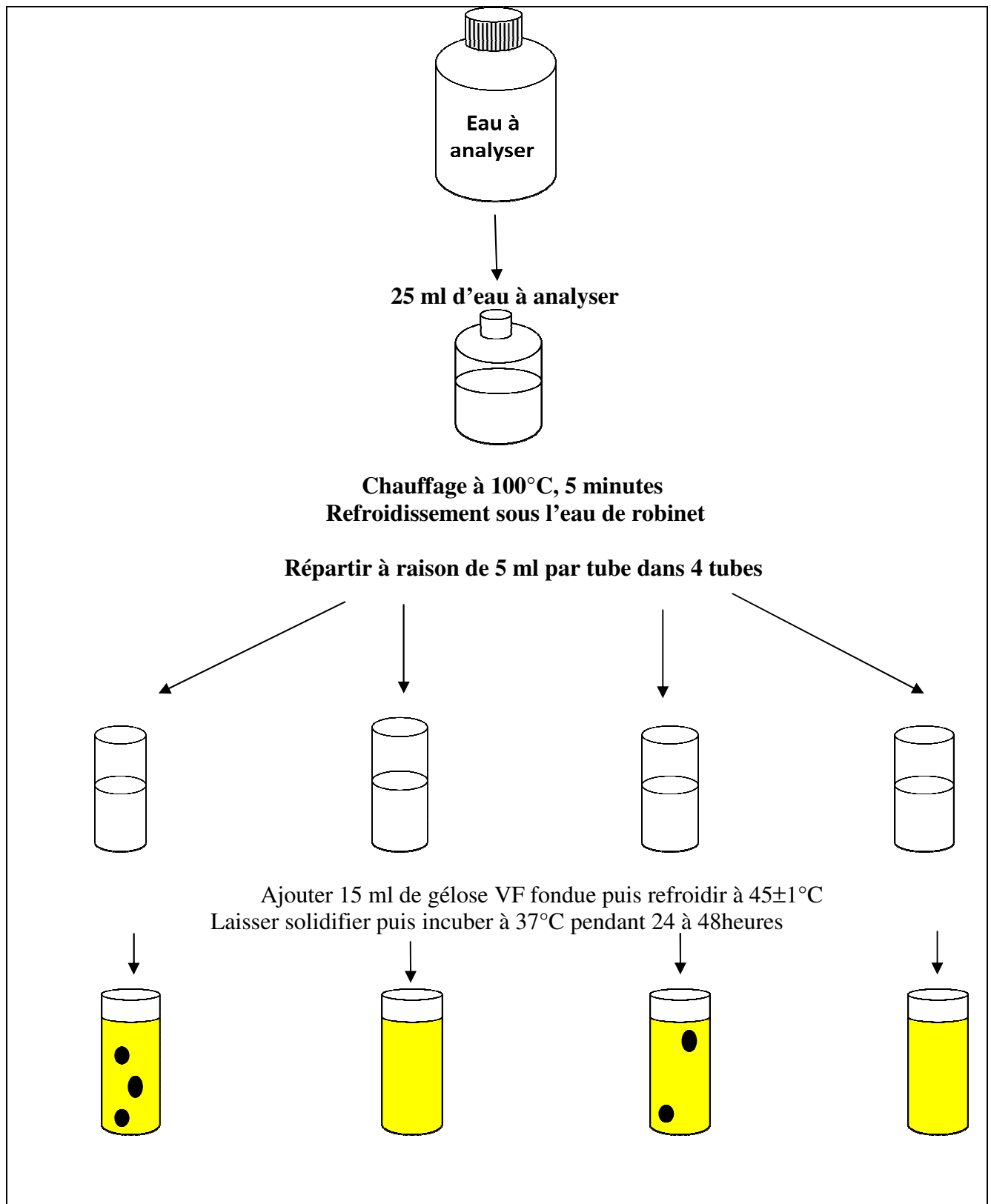


Figure 06: Recherche et dénombrement des Spores de bactéries Anaérobies Sulfito-Réductrices (ASR).

2.3.4. Recherche des germes pathogènes :

Les milieux utilisés sont : Mac Conkey, Hektoen, Chapman, et Gélose Nutritive Alcaline et biliée (GNAB). L'inoculum est prélevé directement à partir de l'eau à analyser et est déposé sur un point périphérique de la gélose puis disséminé par stries sur toute la surface de la boîte de Pétri, les boîtes sont codées puis incubées à 37°C (Hordé, 2016).

2.3.4.1. Recherche des Salmonelles :

➤ **Mode opératoire :**

a. Enrichissement :

Effectuer un enrichissement dans des flacons de 50 ml du milieu SFB. Ajouter 50 ml d'eau à analyser (S1, S2). Et incubé à 37°C pendant 24 heures (Rodier, 2009).

b. Isolement :

À partir du bouillon d'enrichissement, effectuer des isolements sur le milieu Hektoen, Incuber à 37°C pendant 24h à 48heures.

c. Identification :

Après l'incubation les colonies qui sont Lactose négatif sur Hektoen vont subir une observation macroscopique, une coloration de Gram, Test oxydase et enfin une identification biochimique (API 20 E) (fig. 14).

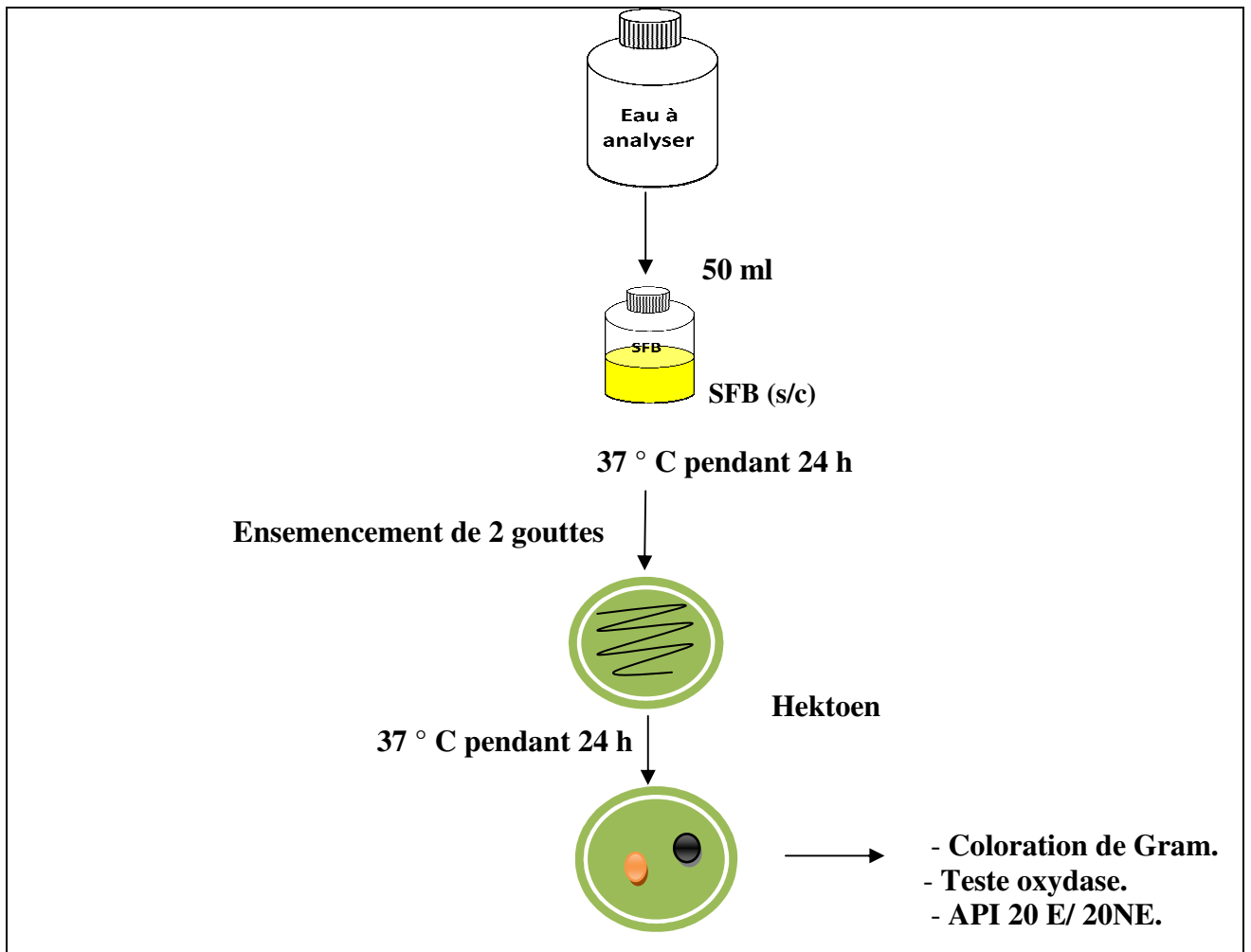


Figure 07: Recherche et identification des Salmonelles.

2.3.4.2. Recherche de Vibriion cholérique :

➤ Mode opératoire :

a. Enrichissement :

L'enrichissement s'effectue sur le milieu Eau Péptoneé Alcaline (EPA), contenue dans des tubes de 9 ml, auxquels 5 ml d'eau à analyser. Sans oublier d'étiqueter les tubes (S1, S2) Les tubes seront ensuite incubés à 37°C pendant 24 heures (Savary, 2010).

b. Isolement :

Prélever de la surface du dernier milieu d'enrichissement et ensemencer une boîte de GNAB. Incuber à 37° C pendant 24 heures.

c. Identification :

Les colonies de Vibrien sont fines, transparentes, plates sur GNAB .L'identification est basée sur une coloration de Gram, Test oxydase et enfin une identification biochimique (API 20 NE).

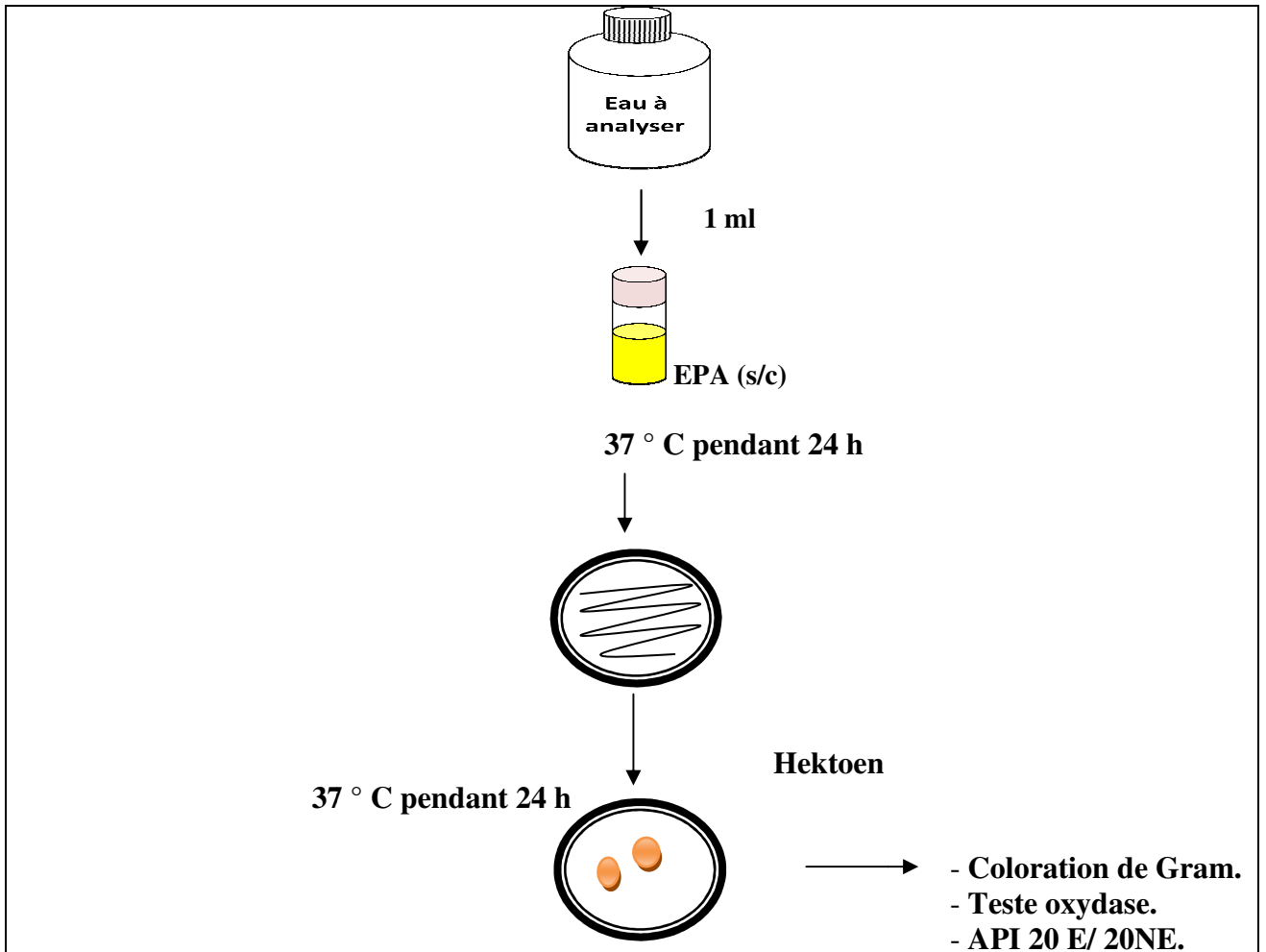


Figure 08: Recherche et identification de vibrien cholérique.

2.3.4.3. Recherche de Staphylocoques pathogènes :

Le milieu Chapman permet l'isolement sélectif de Staphylococcus sur la base d'une tolérance à une forte teneur en NaCl, 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 jaunâtre, Incuber à 37° C pendant 24 à 48h heures (Rodier, 2009).

Chapitre III

Résultats et discussion

1- Résultats :

1.1. Analyses physico-chimiques :

La qualité physico-chimique de l'eau est évalué au regard de différent type des paramètres. Ces derniers sont caractérisé par des groupes qui sont :

- paramètres organoleptiques ;
- paramètres physico-chimiques ;
- paramètres de minéralisation globale ;
- Paramètres concernant des substances indésirables ;
- paramètres bactériologiques.

1.1.1. Les paramètres organoleptiques :

1. Turbidité :

La Turbidité de l'eau a pour origine la présence de matières en suspension (argile, limons...etc) qui donnent un aspect trouble à l'eau (Gherari et Neçaibia, 2013). Les valeurs de turbidité pour Ras El Ma (S1) varient de (0.34 NTU à 0.75 NTU) avec une valeur moyenne de l'ordre de (0.48 NTU), et pour S2 les valeurs oscillent entre (1.64 NTU à 4.73 NTU) avec une valeur moyenne de 2.95 NTU, Ces résultats ne dépassent pas la valeur admissible par le J.O.R.A limitée à (>5 NTU) (fig. 09). Par contre les valeurs enregistré dans S2 dépasse la norme (1 NTU) de l'OMS (2011).

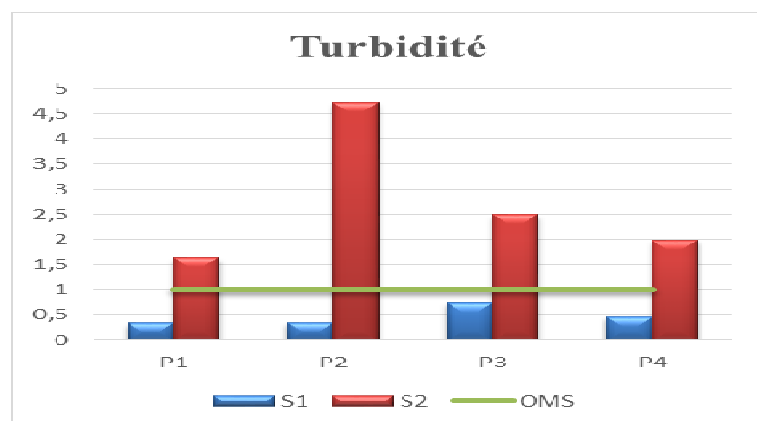


Figure 09: Variation de la Turbidité des eaux de source S1 et S2 (2016).

1.1.2. paramètres physico-chimique :

1. pH (potentiel hydrogène) :

Le pH est un caractère fondamental, c'est un indice d'acidité d'eau. Nos résultats indiquent un pH varie de (7.6 à 7.72) avec une valeur moyenne de (7,64) pour S1, et de (7.27 à 7.3) avec une valeur moyenne de 7.29 pour S2 (fig. 10). Respectant la norme des eaux potable délimitées par L'OMS [6.5 – 8.5] et le Journal Officiel de la République Algérienne (6.5-9) (J.O.R.A, 2011),

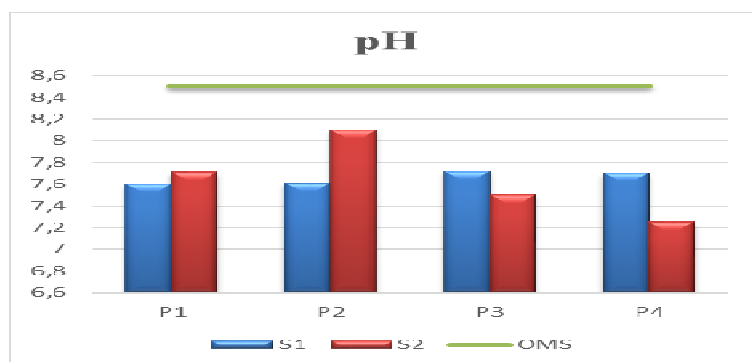


Figure 10: Variation du pH des eaux de source S1 et S2 (2016).

2. Température :

La température de l'eau est un facteur important, elle affecte les propriétés physiques et chimiques de celle-ci en particulier sa densité, sa viscosité, la solubilité de ses gaz et la vitesse des réactions chimiques et biochimiques (Belghiti et al, 2010). Les résultats de la température de S1 oscillent entre 13.5 et 14.6°C avec une moyenne de 14.22°C. Alors que ceux de S2 varient entre 14.1 et 17.3°C avec une moyenne de 15.65°C (fig. 11). Ces résultats restent dans la norme exigée par le J.O.R.A (2011).

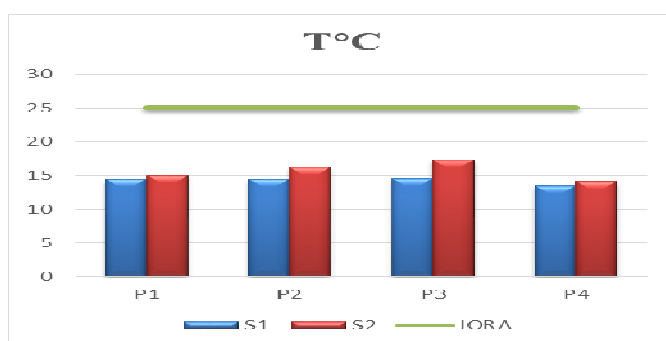


Figure 11: Variation de la Température de S1 et S2 (2016).

3. Oxygène dissous :

L'oxygène est présent dans l'eau sous forme de molécules gazeuses, au sein de minuscules bulles d'air (Savary, 2010). Les valeurs enregistrées oscillent entre 6.1mg/l et 9.75mg/l avec une valeur moyenne 6.83 pour S1, et pour S2 varient entre 7.38 et 10.89mg/l avec une moyenne 8.43mg/l.

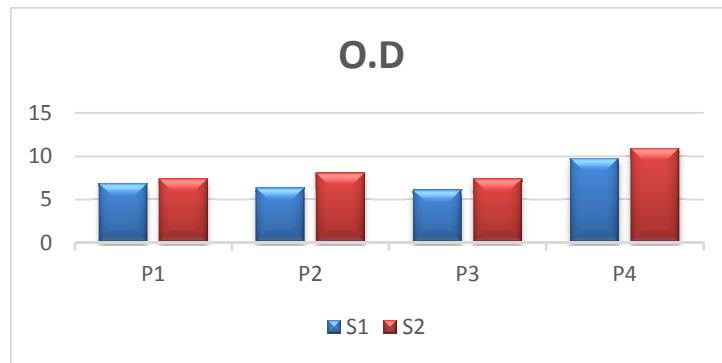


Figure 12: Variation d'Oxygène dissous des eaux de sources S1 et S2 (2016).

4. Salinité :

La salinité est la mesure de la quantité de sels dissous dans un volume donné d'eau (Abda, 2015). Les mesures de l'ensemble des échantillons montrent qu'elles sont comprises entre (0.2-0.33mg/l) avec une moyenne de (0.24 mg/l) pour S1 et pour S2 les résultats varient entre (0.56-0.57mg/l) avec une moyenne de (0.59mg/l). Ces valeurs sont inférieures à 1mg/l ; donc ces eaux sont considérées comme eau douce.

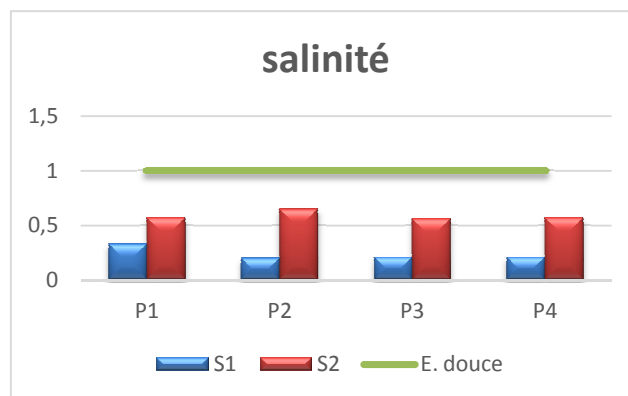


Figure 13: Variation de salinité des eaux de source S1 et S2 (2016).

5. La Conductivité électrique :

La conductivité détermine l'ensemble des sels minéraux dissous dans une solution. Une eau douce a généralement une conductivité faible, une eau dure au contraire affichera une conductivité élevée (Savary, 2010). Les valeurs de la conductivité électrique enregistrée se situent entre 419 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 669 $\mu\text{S}/\text{cm}$ avec 488.75 $\mu\text{S}/\text{cm}$ comme valeur moyenne pour S1, et de 1115 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 1143 $\mu\text{S}/\text{cm}$ avec 1130.75 $\mu\text{S}/\text{cm}$ comme moyenne pour S2 (Fig.14), ces résultats restent toujours inférieur à la norme (2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$) selon le J.O.R.A (2011).

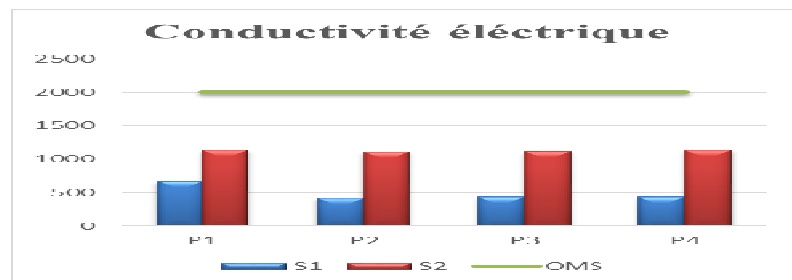


Figure 14: Variation de la conductivité électrique des eaux de source S1 et S2 (2016).

6. Résistivité :

La résistivité est l'inverse mathématique de la conductivité et traduit la capacité d'une solution aqueuse à conduire le courant électrique. Elle est exprimée en MicroOhms×centimètre ($\mu\Omega \cdot \text{cm}$) [8]. Les valeurs enregistrées oscillent entre (0.0015 – 0.0024 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$) avec une valeur moyenne de 0.0021 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ pour S1, et pour S2 les valeurs sont fixe à 0.0009 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$

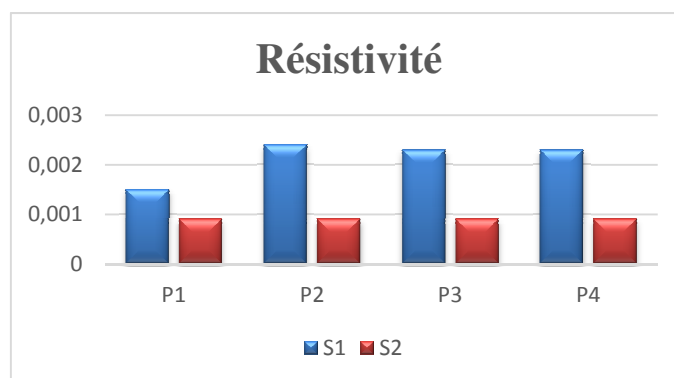


Figure 15: Variation de la résistivité des eaux de source S1 et S2 (2016).

7. ORP:

L'Oxydo réduction potentiel est une mesure de la propreté de l'eau et de sa capacité à détruire les polluants [9]. Les valeurs enregistrées oscillent pour S1 entre 162.1 et 259 mV avec une moyenne de 202.325 mV, et S2 varient entre 169.8 et 236.2 mV, avec une moyenne de 195.1 mV.

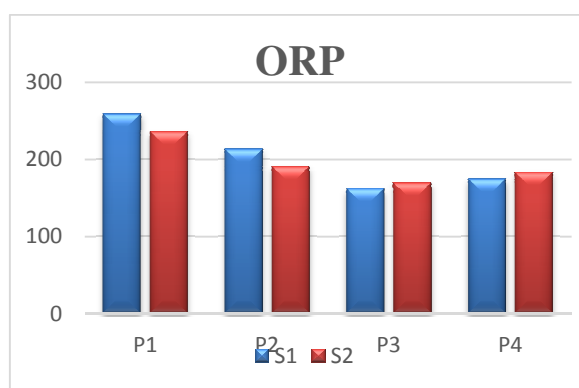


Figure 16: Variation d'ORP des eaux de source S1 et S2 (2016).

8. Alcalinité :

-**TA** : Le titre alcalimétrique (TA) d'une eau permet de connaître sa concentration en ions carbonates (CO_3^{2-}) et en ions hydroxydes (OH^-) (Savary, 2010). Concernant le titre alcalimétrique, les valeurs enregistrées dans tous les prélèvements pour les deux sources (S1 et S2) sont nulle.

- **TAC** : l'alcalinité est le principal facteur de contrôle de l'agressivité de l'eau et de son pouvoir incrustant (Savary, 2010). Les valeurs de (TAC) varient entre (16.4°F - 19.1°F) avec une valeur moyenne 17.62 °F pour S1, et de (24.6°F - 27.5°F) avec une valeur moyenne 25.92°F pour S2.

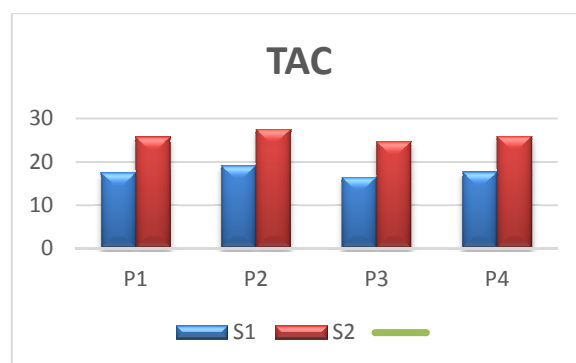


Figure 17: Variation de TAC des eaux de source S1 et S2 (2016).

1.1.3. Paramètres de minéralisation globale :

1. Résidu sec :

C'est le taux d'éléments recueillis après évaporation d'un litre d'eau soumis à une température de 180° C [10]. Les résultats enregistrés montrent que les valeurs sont comprises entre (270 -438.5mg/l) avec une moyennes 331.6mg/l pour (S1) et oscille entre (794.5-999mg/l) avec une valeur moyenne 858.75 mg/l pour (S2).

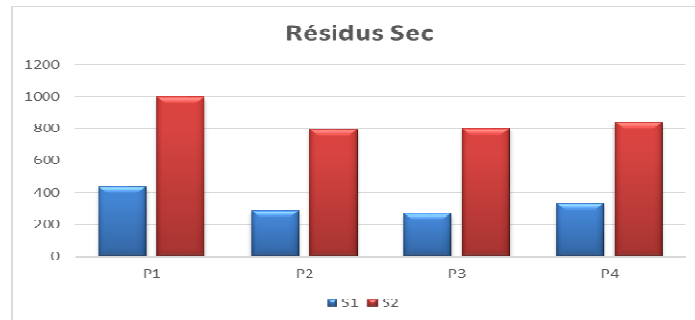


Figure 18: Variation de Résidus sec des eaux de source S1 et S2 (2016).

2. TDS :

La minéralisation total ou TDS est la somme de tous les éléments contenus dans l'eau, elle serait globalement équivalente à la somme des cations et anions dans l'eau (Abda, 2015). La valeur de Solide dissouts totaux enregistrée se situe entre 209mg/l et 334 mg/l avec 244mg/l comme valeur moyenne pour S1 et de (558 -571mg/l) avec une valeur moyenne de 565.5mg/l pour S2, ces résultats restent toujours inferieur à la norme admissible par l'OMS.

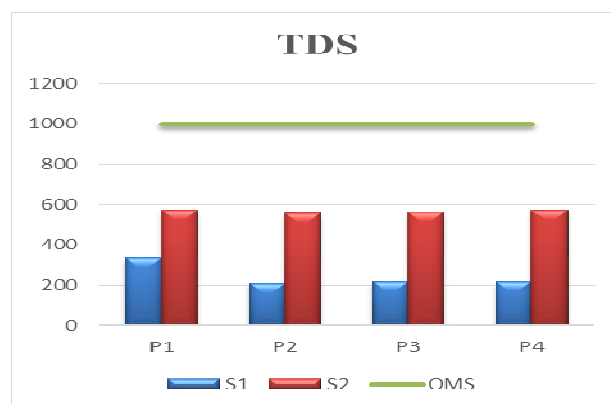


Figure 19: Variations du TDS des eaux de source S1 et S2 (2016).

3. Dureté totale :

Le degré hydrotimétrique ou titre hydrométrique est un indicateur de la minéralisation de l'eau qui correspond aux concentrations de calcium, de magnésium, de fer, d'aluminium et de manganèse dans l'eau (Vilaginès, 2010). les valeur enregistrées pour S1 varient de (22.6 - 24.4°F) avec une moyenne (23.45°F) et pour S2 de (43 - 44°F) avec une moyenne (43.6°F) qui dépassent la norme exigé par L'OMS (20°F) pour les deux source et ne dépasse pas la norme du J.O.R.A(50°F).

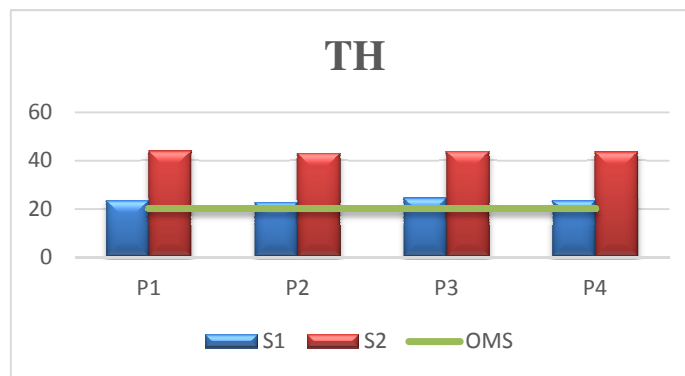


Figure 20: Variation de TH des eaux de source S1 et S2 (2016).

4. Calcium (Ca^{2+}) :

Le calcium est un autre élément qui constitué la dureté de l'eau et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversées (Vilaginès, 2010). La figure (21) nous montre que les concentrations de Ca^{2+} dans l'eau de source S2 varient entre (144.18 - 154.59 mg/l) avec moyenne 148.45 mg/l dépassent la valeur admissible pour les eaux destinées à la consommation humaine (100 mg/l) (OMS, 1994), alors que la source S1 oscillent entre (65.65 - 76.09 mg/l) avec moyenne 70.75 mg/l.

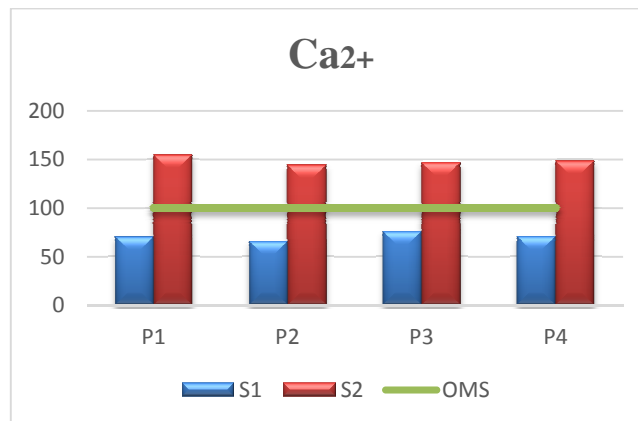


Figure 21: Variations de Calcium des eaux de source S1 et S2 (2016).

5. Magnésium (Mg^{2+}):

Le magnésium dans l'eau provient de l'attaque par l'acide carbonique des roches magnésiennes et de la mise en solution de magnésium sous forme de carbonates ($MgCO_3$) et de bicarbonates (Mg^2HCO_3) (Savary, 2010). la figure (22) nous montre que les concentrations de Mg^{2+} dans S1 varient entre (13.12 - 15.06 mg/l) avec moyenne 14.09 mg/l, et de S2 oscille entre (13.12 – 17.49 mg/l) avec moyenne 15.86 mg/l ces concentrations ne dépassent pas la valeur admissible pour les eaux destinées à la consommation humaine (50mg/l) (l'OMS 2011).

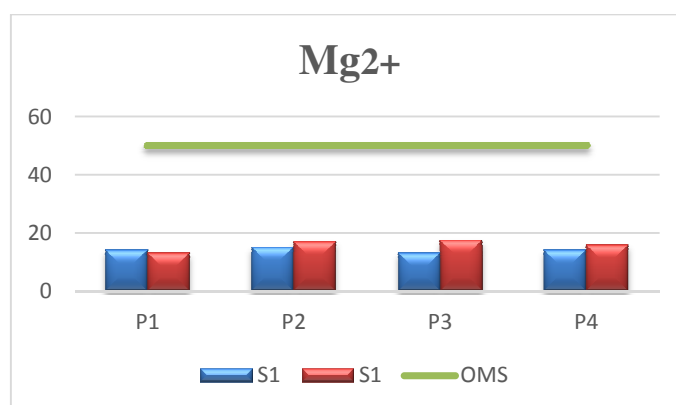


Figure 22: Variation de Magnésium des eaux de source S1 et S2 (2016).

6. Chlorure (Cl^-):

La présence des chlorures dans les sources d'eau potable peut être attribuée à la dissolution des dépôts de sel. La teneur de chlorure augmente généralement avec le degré de minéralisation de l'eau [11]. Les teneurs calculées sont inférieures à la norme de potabilité (250 mg/l) (l'OMS) et (500 mg/l)(J.O.R.A 2011). Pour (S1) est stable à 42.6 mg/l, et pour (S2) les valeurs enregistrées varient entre (156m-170.4 mg/l) avec une moyenne de 161.45mg/l.

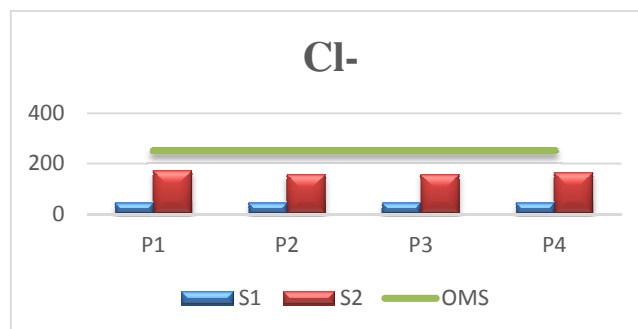


Figure 23: Variation de Chlorure des eaux de source S1 et S2 (2016).

7. Sulfate (SO_4^{3-}):

Le sulfate, élément chimique composé de soufre et d'oxygène, est présent dans presque toutes les eaux naturelles (Vilaginès, 2010). Les valeurs enregistrées restent inférieurs à la valeur admissible (250mg/l) (L'OMS) et (400mg/l) (J.O.R.A, 2011). La concentration moyenne du sulfate pour (S1) est stable à 25mg/l et pour (S2) sont variées entre 55mg/l et 115 mg/l avec moyenne 85mg/l (Fig. 24).

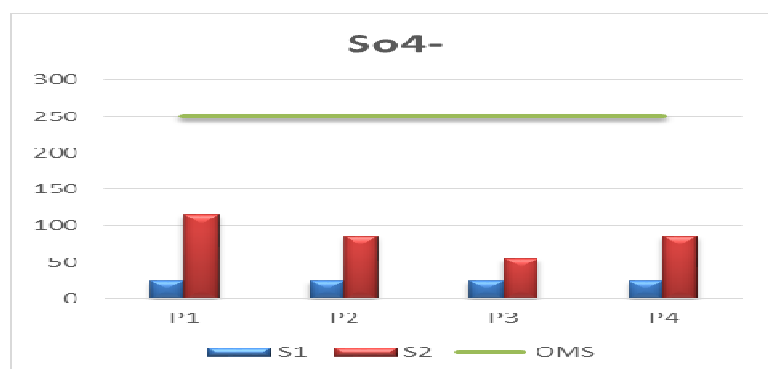


Figure 24: Variation de Sulfate des eaux de source S1 et S2 (2016).

8. Fer totale (Fe^{2+}) :

Le fer est souvent présent dans l'eau en quantité variable selon les régions et la prévenance de l'eau (Tabet, 2015). Les teneurs en fer total dans la région d'étude sont varient de 0mg/l à 0,04mg/l pour S1et de 0 à 0,07mg/l pour S2 (Fig. 25), les concentrations sont inférieure à la norme recommandée par l'OMS et J.O.R.A.(0,3mg/l).

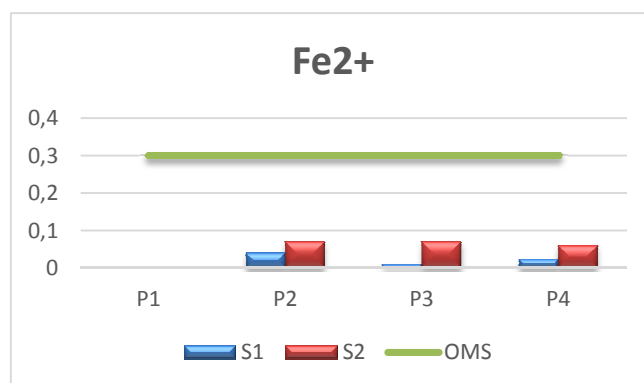


Figure 25: Variation de Fer des eaux de source S1 et S2 (2016).

1.1.4. Paramètres concernant des substances indésirables :

1. Matière organique M.O :

Les matières organiques susceptibles d'être rencontrées dans les eaux sont constituées par des produits de décomposition d'origine animale ou végétale élaborées sous l'influence de micro-organismes (Vilaginès, 2010). On remarque une absence de la teneur en M.O dans tous les prélèvements pour S1, alors que les teneurs de S2 varient entre 0 mg/l et 2,5 mg/l (fig. 26). Les taux enregistrés pour S2 sont d'une part la conséquence directe des établissements industriels et d'autre part, aux lessivages des sols.

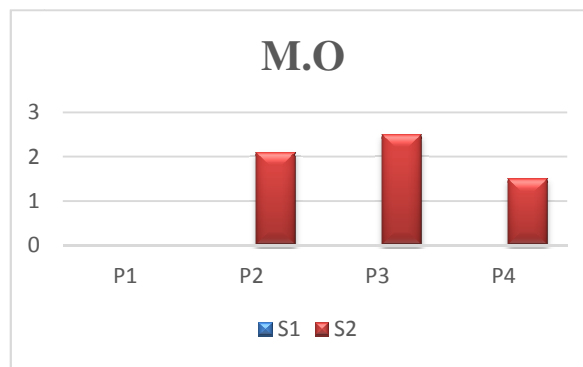


Figure 26: Variation de la Matière organique des eaux de source S1 et S2 (2016).

2. Nitrate (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 (Savary, 2010). Les teneurs enregistrées en nitrates oscillent entre (0,98 - 4,312 mg/l) avec moyenne 3.183 mg/l pour S1, et entre (2.44 - 10.41 mg/l) avec moyenne 6.965mg/l pour S2, mais qui restent inférieures à la valeur admissible (50mg/l) par l'OMS et J.O.R.A.

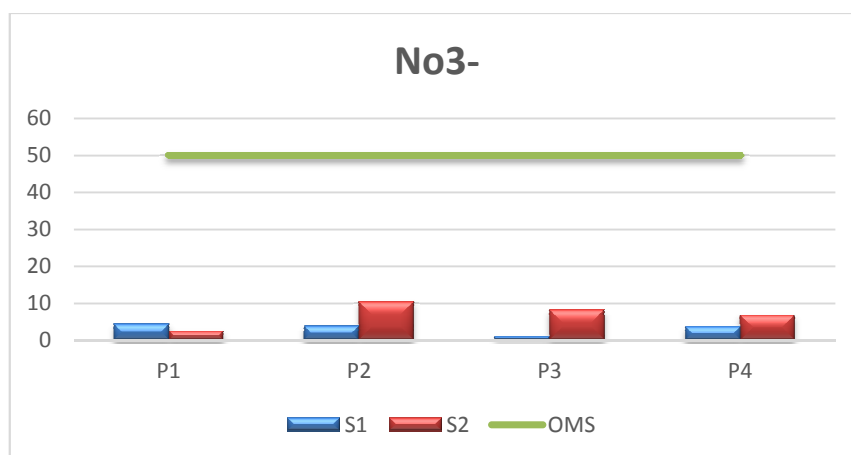


Figure 27: Variation de Nitrate des eaux de source S1 et S2 (2016).

3. Nitrite (NO_2^-):

Considéré comme un élément toxique, le NO_2^- est la forme la moins stable dans le cycle de l'azote. Il est issu de la réduction de l'ammonium NH_4^+ . Son origine est liée à l'agriculture et aux rejets urbains et industriels (Savary, 2010). Pour l'ensemble des prélèvements le nitrite présente des valeurs nulles dans les deux sources alors que la norme requise par l'OMS (0.1mg/l).

4. Ammonium (NH_4^+):

L'ammonium dans l'eau traduit habituellement un processus de dégradation incomplet de la matière organique. L'ammonium provient de la réaction de minéraux contenant du fer avec des nitrates. C'est donc un excellent indicateur de la pollution de l'eau par des rejets organiques d'origine agricole, domestique ou industriel [12]. Les teneurs en ammonium enregistrées au cours de la période d'étude sont nulles, les valeurs restent inférieures à (0.5 mg/l) la norme admissible par (l'OMS) et (J.O.R.A 2011).

5. Ortho phosphates (PO_4^{3-}):

L'origine des phosphates dans les eaux est le plus souvent liée aux rejets urbains et à la dissolution des engrais chimiques (Savary, 2010). Les résultats enregistrés dans les deux sources sont inférieurs à la norme (0.5 mg/l décrite par l'OMS) pour les eaux destinées à la consommation humaine. Les valeurs enregistrées pour S1 (0-0.43 mg/l) avec une moyenne 0.195 mg/l, et pour S2 (0- 0.07) avec une moyenne 0.037 mg/l.

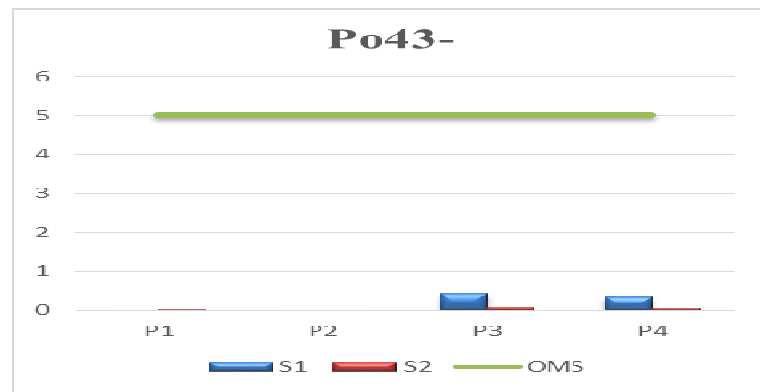


Figure 28: Variation du phosphate des eaux de source S1 et S2 (2016).

6. Bicarbonate (HCO_3^-) :

Les concentrations en bicarbonate dans les eaux naturelles sont en relation direct avec le pH de l'eau, la température, la concentration en CO_2 dissous et la nature lithologique du sol (Savary, 2010). Les concentrations en bicarbonates sont élevées, elles varient de (200,02 - 233,02 mg/l) avec une moyenne 215.85 mg/l enregistrée au niveau du S1. Et de (300,12 - 338,8 mg/l) avec une moyenne 321.99mg/l au niveau de S2, Ces teneurs provenant probablement de la dissolution des formations calcaires.

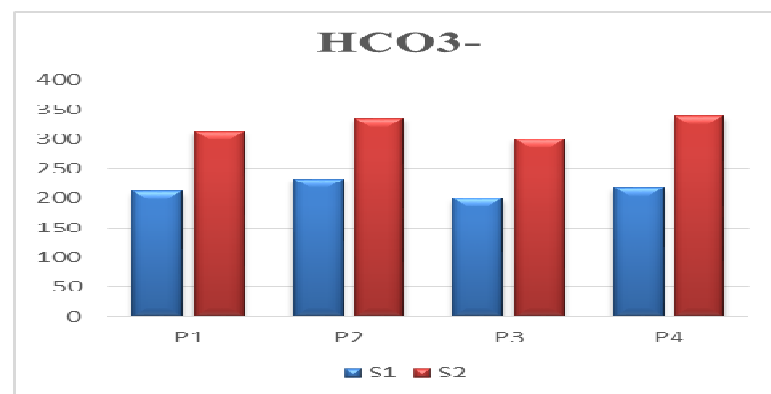


Figure 29: Variation du bicarbonate des eaux de source S1 et S2 (2016).

Tableau 02 : Résultat des paramètres physico-chimique des eaux de source de la wilya de Guelma

Date de prélèvement Paramètres		31-01-2016	20-02-2016	06-03-2016	13-03-2016	Moy
Turbidité(NTU)	S1	0.34	0.35	0.75	0.46	0.48
	S2	1.64	4.73	2.49	1.98	2.71
pH	S1	7.60	7.61	7.72	7.70	7.66
	S2	7.30	7.30	7.27	7.27	7.29
Température (°C)	S1	14.4	14.4	14.6	13.5	14.23
	S2	15	16.2	17.3	14.1	15.65
C.é (µs/cm)	S1	669	419	434	433	488.75
	S2	1140	1115	1125	1143	1130.75
Résistivité (µΩ.cm)	S1	0.0015	0.0024	0.0023	0.0023	0.0021
	S2	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009
Salinité	S1	0.33	0.2	0.21	0.21	0.24
	S2	0.57	0.65	0.56	0.57	0.59
O.R.P(mvORP)	S1	259	213.4	162.1	174.8	202.33
	S2	236.2	190.9	169.8	183.5	195.1
TDS	S1	334	209	217	216	244
	S2	570	558	563	571	565.5
O₂ dissous (mg/l)	S1	6.83	6.35	6.1	9.75	7.26
	S2	7.38	8.07	7.38	10.89	8.43
TA (°F)	S1	0	0	0	0	0
	S2	0	0	0	0	0
TAC (°F)	S1	17.4	19.1	16.4	17.6	17.62
	S2	25.7	27.5	24.6	25.9	25.92
TH (°F)	S1	23.4	22.6	24.4	23.4	23.45
	S2	44	43	43.8	43.6	43.6
Ca²⁺ (mg/l)	S1	70.48	65.68	76.09	70.75	70.75
	S2	154.59	144.18	146.58	148.45	148.45
Mg²⁺ (mg/l)	S1	14.09	15.06	13.12	14.09	14.09
	S2	13.12	17.01	17.49	15.83	15.86
Cl⁻ (mg/l)	S1	42.6	42.6	42.6	42.6	42.6
	S2	170.4	156.2	156.2	163	161.45
SO₄ (mg/l)	S1	25	25	25	25	25
	S2	115	85	55	85	85
R.S (mg/l)	S1	438.5	286	270	332	331.625
	S2	999	794.5	801.5	840	858.75
Fe²⁺ (mg/l)	S1	0	0.04	0.01	0.023	0.018
	S2	0	0.07	0.07	0.06	0.05
Nitrate (mg/l)	S1	4.312	3.8	0.98	3.64	3.183
	S2	2.44	10.41	8.21	6.8	6.965
Nitrite (mg/l)	S1	0	0	0	0	0
	S2	0	0	0	0	0
NH₄⁺ (mg/l)	S1	0	0	0	0	0
	S2	0	0	0	0	0
Phosphate (mg/l)	S1	0	0	0.43	0.35	0.195
	S2	0.03	0	0.07	0.05	0.0375
M.O (mg/l)	S1	0	0	0	0	0
	S2	0	2.1	2.5	1.5	1.525
HCO₃ (mg/l)	S1	212.28	233.02	200.08	218.04	215.855
	S2	313.54	335.5	300.12	338.8	321.99

1.2. Paramètres bactériologiques :

Les résultats des différentes analyses bactériologiques des eaux de source sont représentés dans le tableau (03).

1.2.1. Germes totaux :

Les résultats montrent que les eaux des sources sont caractérisées par une concentration moyenne de la flore mésophile aérobie totale de 70 à 246 UFC/ml pour S1, et de 220 à >300 UFC/ml pour S2, ce nombre peut être due à la contamination des eaux par une pollution due au lessivage des terres agricoles avoisinantes, aux rejets domestiques des agglomérations rurales, de l'élevage de bétails ...etc. (Amaramadi et Touati, 2013).

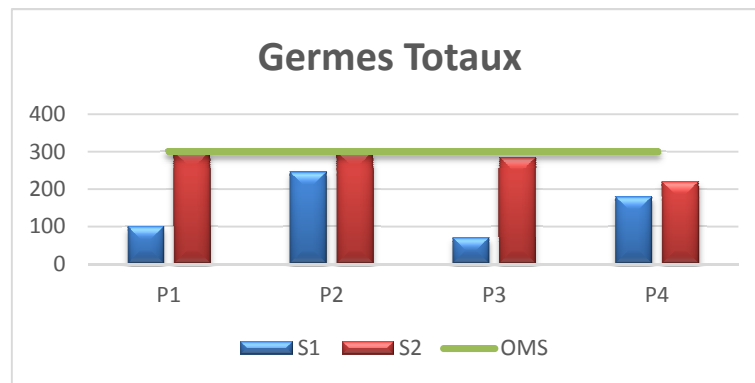


Figure 30: Variation des germes totaux dans les eaux de source S1 et S2 (2016).

1.2.2. Coliformes totaux :

Le groupe des coliformes totaux est utilisé depuis la fin du 19^{ème} siècle comme indicateur de la qualité microbienne de l'eau; parce qu'il peut être indirectement associé à une pollution d'origine fécale (Layada et Oughidni, 2014). La présence des coliformes totaux dans l'eau traitée, où 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 dans la végétation. (Amaramadi et Touati, 2013). L'examen des graphiques illustrés dans la figure (31) nous montre que les concentrations des coliformes totaux pour S2 extrêmement variés dans les quatre prélèvements de (4 à 450CT/100ml) et qui dans l'ensemble sont supérieures à la valeur guide des eaux potable (10 CT/100 ml) (OMS, 1994).alors que pour S1 présentent globalement des taux inférieures à la valeur guide.

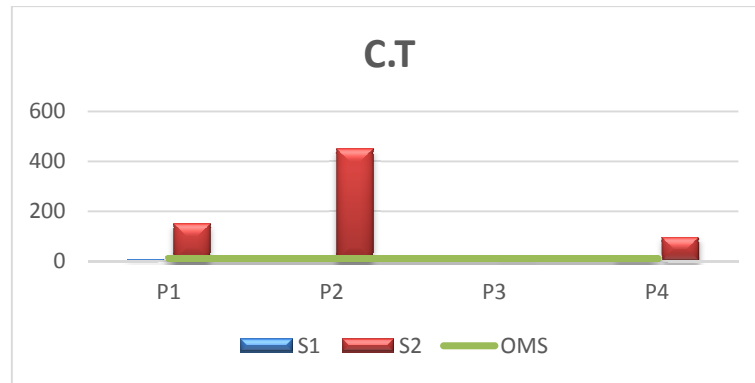


Figure 31: Variation des coliformes totaux dans les eaux de source S1 et S2 (2016).

1.2.3. Coliformes fécaux :

La présence des coliformes fécaux témoigne habituellement 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 thermo tolérants » plutôt que celui de « Coliformes fécaux ». 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 sont préférables pour cette fonction (Savary, 2010). Dans S1 la concentration est nulle au niveau de tous les prélèvements, alors que S2 atteindre une concentration maximal obtenue au niveau de quatrième prélèvement 4 CF/100 ml. Donc, d'après ces résultats, on peut dire que les coliformes totaux sont des bons indicateurs à cause de leur nombre qui dépasse de celui des coliformes fécaux.

1.2.4. Streptocoques fécaux :

Les Streptocoques fécaux témoignent une contamination d'origine fécale ancienne (Abda, 2015). La concentration des Streptocoques fécaux au niveau de S1 est nulle dans tous les prélèvements sauf dans le deuxième prélèvement avec une concentration 3SF / 100 ml. Alors que pour S2 la concentration des Streptocoques fécaux varient de 4 à 25 SF / 100 ml (P1, P2) et nulle pour P3 et P4.

1.2.5. Anaérobies Sulfito-réductrices (ASR):

La détermination des spores des bactéries anaérobies Sulfito-réducteurs est un indice de pollution ancienne à cause de la résistance de leurs spores contrairement aux formes végétatives (Tabet, 2015). D'après les résultats obtenues, le nombre des Anaérobies Sulfito-réducteurs dans S1 varient entre 0 et 1 ASR/20mL. Pour S2, ont

constaté une absence totale dans P3 et P4, tandis que pour P1 et P2 varient de 9 à ASR/20ml.

1.2.6. Les germes pathogènes :

Les résultats concernant la recherche des germes pathogènes dans les eaux de sources montrent une absence des *Salmonelles*, *Shigelles*, *vibrien cholérique* et *staphylocoques*, avec une présence des *Pseudomonas* dans le deuxième et le troisième prélèvement pour S2.

Tableau 3: Résultats des analyses bactériologiques des eaux de source (Ras El Ma et Heliopolice).

Bactérie recherche		Flore mésophile aérobie total (UFC/ml)			Coliforme (germe/100ml)		Streptocoques fécaux (germe/100ml)	Clostridium sulfido- réducteur (ASR/20ml)	Germe pathogènes				
		10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	Coliforme totaux	Coliforme fécaux			salmonelles	vibrio	staphylocoques	Shigelles	Pseudomonas
31/1/2016	S1	100	-	-	7	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
	S2	>300	-	-	150	Absence	4	9	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
20/2/2016	S1	246	73	15	Absence	Absence	3	1	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
	S2	>300	88	22	450	Absence	25	12	Absence	Absence	Absence	Absence	Présence
06/03/2016	S1	70	36	4	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
	S2	285	45	3	4	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
13/3/2016	S1	180	23	2	15	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
	S2	220	132	24	95	4	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence

1.2.7. Identification biochimique :

1. API 20 E

1.1. *Serratia plymuthica*



Photo 01: profil biochimique de la souche *Serratia Plymuthica* (2016)

1.2. *Raoultella ornithinolytica*



Photo 02: profil biochimique de la souche *Raoultella ornithinolytica* (2016)

2. API 20 NE:

2.1. *Chrysobactérium indologenes*



Photo 03: profil biochimique de la souche *Chrysobactérium Indologenes* (2016)

2.2. *Pseudomonas putida*



Photo 04 : profil biochimique de la souche *Pseudomonas putida* (2016)

2.3. *Sphingomonas paucimobilis*



Photo 05 : profil biochimique de la souche *Sphingomonas paucimobilis* (2016)

2.4. *Aeromonas hydrophila*



Photo 06 : profil biochimique de la souche *Aeromonas hydrophila* (2016)

2- Discussion

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspension finement divisées: argile, limons, grains de silice, matières organiques,...etc. Nos résultats montrent que la source de Ras El Ma est dans la norme exigée par l'OMS pour les eaux destinées à la consommation humaine (1 NTU), alors que les valeurs de Héliopolis sont supérieures à la norme. Cependant une turbidité forte peut permettre à des micro-organismes de se fixer sur des particules en suspension ce qui confirme les résultats bactériologiques qu'on a obtenu. Nos résultats sont accord avec ceux de Gherari et Neçaibia (2013) et de Gueroui (2015).

Le potentiel d'hydrogène est un indicateur de la pollution, il varie suite à la nature des effluents basiques (Cuisson, lavage...) ou acide (les acide acétique et les dérivés chlorés...). La gamme du pH biologique se situe entre 6,5 et 8,5. En dehors de cette gamme, le pH a des effets néfastes sur la vie aquatique et bloque les processus d'autoépuration, une baisse de pH peut augmenter la toxicité (Rodier, 1996). Les analyses effectuées montrent que le pH de l'ensemble des échantillons des deux sources est dans la norme proposées par L'OMS et le J.O.R.A. Nos résultats sont on accorde avec ceux de Belghiti et *al*, (2010) et de Nechad et *al*, (2014).

La température joue un rôle important dans la solubilité des sels et surtout des gaz et conditionne les équilibres de dissociation, Elle agit sur la conductivité électrique (El Maroufy, 1992). Les valeurs moyennes de la température des eaux de source Ras El Ma et Héliopolis varient dans la période d'étude entre [14.22 – 15.65°C]. Les valeurs de température enregistrées sont inférieures à la norme (25°C) exigée par J.O.R.A (2011). Ces températures sont proches de la température ambiante et indiquent une origine Peu profonde de l'eau étudiée (Belghiti et *al.*, 2013). Nos résultats sont parfaitement d'accord avec les travaux réalisés par Aouissi et Houhamdi (2010).

La présence de l'oxygène dissous dans les eaux naturelles est déterminée principalement par la respiration des organismes, par l'activité photosynthétique de la flore, par l'oxydation et la dégradation des polluants et enfin par les échanges air-eau, l'oxygène dissous est un paramètre important à prendre en considération, car il renseigne sur l'état de l'eau et d'autre part il favorise la croissance des micro-organismes qui dégradent la matière organique. En général, les valeurs faibles de l'oxygène dissous favorisent le développement des germes pathogènes (Belghiti et *al*,

2010). Les résultats menés dans notre étude sont supérieures à la norme exigés par l'OMS $\geq 5-7$ mg/l, Ces résultats sont supérieurs à ceux de Belghiti et *al* (2013), Aouissi et Houhamdi (2010) et de ceux Gueroui (2015).

La conductivité électrique d'une eau est définie comme étant la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm^2 , elle s'exprime en $\mu\text{S/cm}$. La mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau et d'en suivre l'évolution (Bremont et Vuichard, 1973). Les analyses effectuées montrent que la conductivité électrique de l'ensemble des échantillons de deux sources est dans la norme ($2800 \mu\text{S/cm}$) proposée par le J.O.R.A (2011). Nos résultats enregistrés pour S1 sont inférieures par rapport aux valeurs de Belghiti et *al*, (2010) alors que S2 est supérieur à celles d'Aouissi et Houhamdi (2010), Gherari et Neçaibia (2013).

L'ORP est un «potentiel» de l'énergie qui est stocké et prêt à être mis au travail. Il mesure la présence d'oxydants ou oxydation des agents réducteurs de par leur charge électrique spécifique, donc la réduction de l'oxydation "potentiel électrique requis pour réduire ou ralentir la rouille et l'oxydation". Il existe une relation entre l'ORP et le PH : Quand le pH augmente, l'ORP augmente également, un ORP idéal ne peut être réalisé si l'eau originale a un pH inférieur à 7 [13].

Alcalinité complète c'est la teneur en carbonate (CO_3), en bicarbonate (HCO_3^-) et en alcali (OH^-). Il n'existe aucune norme applicable à l'alcalinité complète. Cependant l'alcalinité est le principal facteur de contrôle de l'agressivité de l'eau et de son pouvoir incrustant (Gherari et Neçaibia, 2013). Nos résultats sont parfaitement d'accord avec le travail réalisé par Gherari et Neçaibia (2013).

Le Résidu sec représente la minéralisation totale de l'eau. Nos résultats sont inférieurs à la norme rédigée par J.O.R.A. Les résultats sont accord avec ceux d'Abda (2015) et Gherari et Neçaibia (2013). L'eau étudiée pour S1 est classée dans la catégorie d'une bonne qualité, Alor que S2 est classée comme une eau de potabilité passable (Annexe).

TDS représente la concentration totale des substances dissoutes dans l'eau. Il est composé de sels inorganiques et de quelques matières organiques. Les sels inorganiques communs trouvés dans l'eau incluent le calcium, le magnésium, le potassium et le

sodium qui sont tous des cations et des carbonates, nitrates, bicarbonates, chlorures et sulfates qui sont tous des anions [14]. Les teneurs calculées sont dans la norme de potabilité exigée par l'OMS (2011) et J.O.R.A (2011) (1000mg/l). Nos résultats sont accord à ceux d'Abda (2015).

La dureté totale d'une eau est produite par les sels de calcium et de magnésium qu'elle contient. On distingue: une dureté carbonatée qui correspond à la teneur en carbonates et bicarbonates de Ca et Mg et une dureté non carbonatée produite par les autres sels. La dureté est mesurée par le titre hydrotimétrique exprimé en °F (degré français); 1°F correspond à 10 mg de carbonate de Calcium dans 1 litre d'eau. Elle résulte principalement du contact des eaux souterraines avec les formations rocheuses: Le calcium dérive de l'attaque du CO₂ dissout par les roches calcaires (dolomies) ou de la dissolution sous forme de sulfate dans le gypse. La dureté d'une eau naturelle dépend de la structure géologique des sols traversés (Belghiti et al ,2010). Les valeurs enregistrées pour les deux sources sont supérieurs à la norme exigée par L' OMS(2004) (10°F) et J.O.R.A (2011) (20°F). Nos résultats sont proches à celles de Belghiti et al (2010) et d'Abda (2015). L'augmentation de la dureté est liée essentiellement aux terrains Calcaires et gypseux (Gueroui, 2015). Selon les normes de l'OMS (2004) les échantillons de notre étude sont pour S1 Eau assez dure, alors que pour S2 Eau dure.

Le calcium est un élément indispensable au corps humain, mais sa présence avec un taux élevée est nuisible et indésirable pour les consommateurs. Ce métal est un alcalino-terreux extrêmement rependu dans la nature et particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonate .composant majeur de la dureté d'eau, le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables.sa teneur varie essentiellement suivant la nature de terrain traversés, il existe surtout à l'état hydrogénocarbonate et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorures, etc (Abda, 2015). Nos résultats montrent que les concentrations de Calcium pour les deux sources ne dépassent pas la norme admissible par J.O.R.A (2011) (200mg/l), et sont en accord avec les résultats d'Abda (2015). Alors que S2 est supérieurs à la norme exigée par l'OMS.

Le magnésium est un élément indispensable pour la croissance, il intervient comme un élément plastique dans l'os et comme élément dynamique dans les systèmes enzymatique et hormonaux. Le magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l'eau. A partir d'une concentration de 100 mg/l et pour des sujets sensibles, le

magnésium donne un gout désagréable à l'eau potable (Rodier, 2005). Les résultats obtenus dans les deux sources sont en accord avec la norme admissible par l'OMS (2011) et J.O.R.A (2011) (50mg/l), Nos résultats concordent avec ceux de Gherari et Neçaibia (2013), et d'Abda (2015).

Les chlorures calculées sont des anions inorganique importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sel de sodium (NaCl) et de potassium (KCl).ils sont souvent utilisé comme un indice de pollution (Gherari et Neçaibia, 2013). Les teneurs de chlorure sont parfaitement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés. Le gros inconvénient des chlorures est la saveur désagréable qu'ils communiquent à l'eau à partir de 2050 mg/l, surtout lorsqu'il s'agit de chlorures de sodium (Abda, 2015). Nos résultats calculés sont dans la norme de potabilité exigée par l'OMS (250 mg/l) et J.O.R.A (500mg/l) Ces pourcentages sont inférieurs à ceux d'Aouissi et Houhamdi (2010). Ces ions chlorures proviennent des lentilles argileuses présentes dans les alluvions (Gherari et Neçaibia, 2013).

Les sulfates proviennent du ruissellement ou d'infiltration dans les terrains à gypse. Ils résultent également de l'activité de certaines bactéries (chlorothéobactéries, rhodothiobactéries, etc.). Cette activité peut oxyder l'hydrogène sulfuré(H₂S) toxique en sulfate (Abda, 2015). Les teneurs moyennes de cet élément dans les deux sources ne dépassent pas la norme admissible par l'OMS (250 mg/l) et J.O.R.A (400mg/l) .nos résultats sont inférieur à ceux de Gueroui (2015) qui dépassent la norme de potabilité.

Le fer est un élément assez abondant dans les roches sous forme de silicates, d'oxydes et hydroxydes, de carbonates et de sulfures. La présence de fer dans l'eau peut favoriser la prolifération de certaines souches de bactéries qui précipitent le fer où corrodent les canalisations (Belghiti et al .2013). Nos résultats pour les deux sources sont inférieurs à la norme exigée par l'OMS et J.O.R.A (0.3 mg/l), la teneur en fer est en accord avec une étude réalisée par Belghiti et al, (2013) sur les puits de Meknès Maroc.

La Matière organique est principalement issue de la décomposition des végétaux, des animaux et des micro-organismes. Elle peut être donc être très diverses relativement à leur composition pour établir une description précise de leur composition moyenne (Abda ,2015). Les recommandations indiquent que la valeur ne doit pas

dépasser 3mg/l. cette recommandation a été fixée afin de ne pas engendrer des concentrations en sous-produits organochloré trop importante lors de la désinfection de l'eau potable par le chlore. Nos résultats pour S2 concordent à ceux de Gherari et Neçaibia (2013), pour S1 sont nulles.

Les nitrates sont présents dans l'eau par lessivage des produits azotés dans le sol, par décomposition des matières organiques ou des engrais de synthèse ou naturels (Belghiti et *al*, 2013).ils constituent le stade final de l'oxydation de l'azote, et représente la forme d'azote au degré d'oxydation le plus élevé présent dans l'eau (Gherari et Neçaibia, 2013). Nos résultats sont en accord avec des études réalisées par Gueroui (2015), Aouissi et Houhamdi (2010), mais supérieur à ceux de Gherari et Neçaibia (2013).

Le phosphore et ses dérivés sont indispensables aux animaux comme aux plantes. Il est l'un des éléments nécessaires à la formation de squelette. La teneur en phosphate des eaux du barrage provient d'une part des eaux de ruissellement et la teneur en phosphate de ces dernières dépend de la teneur en phosphate des deux ou trois premiers centimètres de sol. Nos résultats sont dans la norme admissible par l'OMS et J.O.R.A (5 mg/l). D'autres travaux concordent nos résultats ceux de Gueroui (2015) qui ont étudié les eaux de source de Tamlouka, et aux résultats de Gherari et Neçaibia (2013).

La présence des bicarbonates dans l'eau est due à la dissolution des formations carbonatées (cipolin, calcaire) (Gueroui ,2015).Sel dérivé de l'acide carbonique à teneur réduite en hydrogène et contenant deux fois plus d'acide que le carbonate. La présence des bicarbonates dans l'eau est due à la dissolution des formations carbonatées (cipolin, calcaire, dolomie...), par des eaux chargées en gaz carbonique (CO₂) de la minéralisation de la matière organique (Gherari et Neçaibia, 2013). Nos valeurs enregistrées sont proche à celle de Gueroui(2015), tandis que sont élevées à celles d'Aouissi et Houhamdi (2010) et de Gherari et Neçaibia (2013).Ces teneurs provenant probablement de la dissolution des formations calcaires caractérisant la partie occidentale (Gueroui, 2015).

Nous avons noté une absence totale de nitrite, d'ammonium et de TA dans les deux sources, ces résultats correspondent aux normes de l'OMS qui exigent une absence

absolue de ces paramètres dans les eaux destinées à la consommation humaine (OMS, 2011). Ces résultats sont en accord avec ceux Gherari et Neçaibia (2013)

Le dénombrement des germes aérobies mésophiles est utilisé comme indicateur de pollution dans les milieux naturels, le plus souvent dans les eaux de très bonne qualité microbiologique dont on veut éprouver la protection vis-à-vis de toute contamination ; ce sont donc essentiellement les eaux souterraines, de nappes profondes ou alluviales, qui sont soumises à cet examen (Rodier, 2009). Les résultats montrent une concentration de la flore mésophile aérobie totale comprises entre 0 et 300 UFC/ml, ces résultats dépassent celle d'Abda (2015) [0-156 UFC/ml], et de Chena et Grara (2015) [8-95 UFC/ml], ce nombre de la FMAT peut indiquer la présence des germes pathogène.

La recherche et le dénombrement de l'ensemble des coliformes, sans préjuger de leur appartenance taxonomique et de leur origine. Cet examen, capital pour la vérification de l'efficacité d'un traitement désinfectant, est d'un intérêt plus nuancé pour déceler une contamination d'origine fécale (Rodier, 2009). Les valeurs enregistrées pour S1 [0-15 germe/100ml] et S2 [4-450 germe/100ml] qui dépassent la norme exigée par l'OMS (2006), ces valeurs sont supérieures de celles de Gueroui (2015) [1-240 germe/100ml] et de Abda (2015) [0-30 germe/100ml]. La difficulté d'interprétation liée à cet indicateur est que si effectivement un certain nombre de bactéries mise en évidence sont indicatrices d'une pollution fécale, certaines sont d'origines environnementales. C'est pourquoi il faut toujours faire attention aux prélèvements positifs pour les coliformes, ce n'est pas toujours signe d'une contamination fécale (Rodier, 2009).

Les coliformes thermotolérants forment un sous-groupe de CT. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *E. coli* elle représente toutefois 80 à 90 % des coliformes thermotolérants détectés (Abda, 2015). La présence de coliformes fécaux témoigne habituellement d'une contamination d'origine fécale ou provenant d'eaux enrichies en matières organiques (Bouchlaghem et Bouregaa, 2015). Les résultats enregistrés marquent une absence totale des CF sauf dans la source de Héliopolis au 4ème prélèvement avec une concentration de 4 germe/100ml, et qui dépasse la norme (0germe/100ml) de l'OMS (2011). Nos résultats sont inférieurs à ceux de Abda 2015 [0-28germe/100ml] et Gueroui2015 [1-160 germe/100ml]

Les streptocoques fécaux sont d'excellents indicateurs d'une contamination fécale par la matière fécale des animaux (Rodier 2009). Ils sont susceptibles de contaminer les approvisionnements, ils sont typique des déjections animales. Ils peuvent parfois être présents chez l'homme ou dans les végétaux (Bouchlaghem et Bouregaa, 2015). Nos résultats de la recherche et du dénombrement des Streptocoques fécaux [3-25UFC/100ml] sont parfaitement d'accord avec les travaux réalisés par Chena et Grara (2015) [4-32UFC/100ml] et de Abda (2015) [2-30 UFC/100ml].

Les Clostridium sulfito-réducteurs sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale. La forme spore, beaucoup plus résistante que les formes végétatives des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux, permettrait ainsi de détecter une pollution fécale ancienne ou intermittente (Rodier, 2009). Nous avons noté une absence de Clostridium pour S1 alors que pour S2 les concentrations déterminées sont de 1 à 12 ASR/20ml, ces valeurs sont en accord avec ceux de Gueroui (2015) [1-32ASR/20ml].

La recherche des germes pathogènes a révélé l'absence de *Salmonelles*, *Shigelles*, *Vibrion cholérique* et de *Staphylocoques* dans les eaux de sources S1 et S2, ces résultats correspondent aux normes de l'OMS (2011) qui exigent une absence absolue de ces germes dans les eaux destinées à la consommation humaine. Ces résultats sont en accord avec ceux d'Abda (2015) qu'elle a mis en évidence l'absence de *Salmonelles*, *Vibrion cholérique*, *Shigelles* et de *Staphylocoques* dans l'eau potable du barrage Bouhamdane, Guelma.

La recherche de *Pseudomonas* a révélé l'absence totale de ces germes pour S1. Alors que nous avons noté une présence de *Pseudomonas* pour S2, Ce résultat ne correspond pas aux normes de l'OMS (2011) qui exigent une absence absolue de ces germes dans les eaux destinées à la consommation humaine.

Les points de captage de l'eau destinée à la consommation humaine font l'objet de mesures de protection afin de lutter contre les pollutions de toute nature. Les périmètres dits de protection font partie de ces mesures. La notion de périmètre de protection est évoquée pour la première fois dans l'article 10 de la loi du 15 février 1902 relative à la protection de la santé publique. Cependant, c'est avec la première loi sur l'eau du 3 janvier 1964 que l'instauration des périmètres devient obligatoire sur tout nouveau captage. Les zones entourant les points de captage sont divisées en trois périmètres : le périmètre de protection immédiate, le périmètre de protection

rapprochée, le périmètre de protection éloignée (Sfardjli, 2015). Le périmètre de protection immédiate est obligatoire et correspond à l'environnement proche du point d'eau. Il est acquis par la collectivité, régulièrement entretenu et toute activité y est interdite, empêchant ainsi les détériorations de l'ouvrage et les déversements de substances polluantes à proximité immédiate du captage (Marchal, 2007). Le périmètre de protection rapprochée est une zone de vulnérabilité représentant tout ou partie du bassin d'alimentation du captage. Les activités qui peuvent être à l'origine d'une pollution de l'eau y sont interdites (Nassah et omd, 2011). Le périmètre de protection éloignée n'est pas obligatoire. Il correspond à tout ou partie de la zone d'alimentation du point d'eau, voire à l'ensemble du bassin versant. Les recommandations préconisées dans cette zone, concernent surtout certaines activités particulières qui pourraient être à l'origine de pollutions importantes (Marchal, 2007).

Conclusion Générale

Les eaux souterraines jouent un rôle fondamental dans la stabilité des populations rurales dans la région de Guelma (Nord-est de l'Algérie). Elles sont exploitées par des puits, des sources et des forages ; drainées par différentes techniques traditionnelles et modernes utilisées pour extraire les eaux des nappes pour l'alimentation en eau potable et l'irrigation. Elles font donc l'objet de notre étude qui porte essentiellement sur la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de source.

Notre travail consiste à étudier la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de deux sources : Ras El Ma (S1) et de Héliopolis (S2) (wilaya de Guelma). Les résultats des différentes analyses effectuées sur les échantillons des eaux obtenus permettent d'affirmer que la source de Ras El Ma est de bonne qualité par rapport à celle de Héliopolis durant notre période d'étude.

Du point de vue bactériologique, Au niveau de ces sources, nous avons dénombré des taux dans les normes exigée par l'OMS et le J.O.R.A au niveau de S1, tandis qu'au niveau de S2 des taux assez élevés de bactéries (*Coliformes totaux*, *Coliformes fécaux* et *Streptocoques D*), qui témoignent des risques pour les personnes utilisent ces eaux, où nous avons aussi identifié des bactéries capables de causer des maladies et de ce fait elles peuvent constituer un fléau de santé publique tel que les *Clostridium sulfito-réducteur* et les *Pseudomonas*.

Cela revient à la pollution qui touche les eaux souterraines, les causes de cette pollution sont multiples; les principales sont:

- La mauvaise protection des sources.
- Le non application des mesures d'hygiène élémentaires.
- La mauvaise conception des puisards et des latrines.
- La mauvaise évacuation des eaux usées.

Du point de vue physico-chimique, une différence notable des taux et des teneurs mesurées de chaque paramètre étudié. Dans la majorité des cas elles répondent aux normes de potabilité alors que des fois elles dépassent les normes, tel: la dureté, l'oxygène dissout et la conductivité pour S2, qui sont souvent liés à la formation géologique et aux caractéristiques climatiques de la région. Les fluctuations de ces

paramètres peuvent être aussi expliquées par l'effet de nombreux facteurs, à savoir les apports en eaux usées domestiques, la pratique agricole et par les effluents industriels.

A la lumière de ces résultats, les ressources en eau exploitées de la nappe alluviale de la région de Guelma à travers les sources concernées par notre étude se montrent menacées par la pollution engendrée par le développement urbain et agricole, notamment, les eaux usées des agglomérations avoisinantes qui ne disposent pas de système d'assainissement, des ordures ménagères, du réseau routier et des activités agricoles.

Enfin, cette étude ne constitue donc qu'une ébauche et nous espérons qu'elle servira à d'autres travaux de recherche.

En perspective :

- Elargir la période d'étude (plusieurs saisons).
- Dosage des matériaux lourds.
- Développement de ces analyses à travers des nouveaux tests statistiques.
- Elargir l'analyse microbiologique (levure, moisissure ...etc).

Référence
Bibliographique

Référence Bibliographique

Abda A., 2015. Traitement des eaux de surface et les risques gènotoxiques des sous-produits sa chloration. Thèse doctorat. Université 08 Mai 1945, Guelma. P : 130.

Allouane F. ; Limane H., 2013. Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique du barrage Ain Dalia à Souk Ahras (Nord-est Algérien). Mémoire master. Université 08 Mai 1945, Guelma. P : 76.

Aouissi A., Houhamdi M.2010. Contribution à l'étude de la qualité de l'eau de quelques sources et puits dans les communes de Belkheir et Boumahra Ahmed (Wilaya de Guelma, Nord-est Algérien). Mémoire master. Université 08 Mai 1945, Guelma. P : 85.

Aubry P., Gaüzère B.A. 2012. Les maladies liées à l'eau, médecine tropicale, diplôme de médecine tropicale dans les pays de l'océan indien. p : 110

Belghiti M. ; Chahlaoui A. ; Bengoumi D. ; El moustain R., 2010. Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quaternaire dans la région de Meknès Maroc. Mémoire master. Université Moulay Ismail; Maroc. P : 21-31

Boubidi W., 2007. Traitement et critère de potabilité de l'eau (les normes).Mémoire d'ingénieur d'état, Guelma, Université 08 Mai 1945. P: 88.

Bouchlaghem A. et Bouregaa M.2015. Evaluation de la qualité d'eaux usées (Wilaya de Guelma) après traitement par les différents procédés (station d'épuration, Nanoparticules et les lentilles d'eaux). Mémoire master. Université 08 Mai 1945, Guelma. P : 69.

Bremont et vuichard. (1973). Les paramètres de la qualité de l'eau. *Edition La documentation française.* Paris. P : 173.

Cardot C. ; Gilles A. 2013.analyse des eaux réglementations, analyse volumétriques et spectrophotométriques. Statistique cours et exercices corrigés, Edition *ellipse marketing*, Paris. P : 325.

Chena B. ; Grara N., 2015. Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de quelque eau de sources dans le bassin de Guelma. Mémoire master. Université 08 Mai 1945, Guelma. P : 65.

El Maroufy M., 1992. Traitement des eaux usées dans les bassins de stabilisation d'ouarzazate et leur réutilisation en agriculture. Thèse de Doctorat. Université de Meknès, Maroc. p133.

El Morhit M., 2009. Hydrochimie, éléments traces métalliques et incidences Ecotoxicologiques sur les différentes composantes d'un écosystème estuarien (bas Loukkos) Maroc. Thèse de Doctorat, Faculté des sciences Rabat, Maroc. P : 260.

Gueroui Y., 2015. Caractérisation Hydrochimie et Bactériologique des Eaux Souterraines de L'aquifère Superficiel de la Plaine de Tamlouka (Nord-Est Algérien). Thèse doctorat. Université 08 Mai 1945, Guelma. P : 159.

Guyot C.1960. L'Hydrologie. Edition *puff*. P : 132.

Hordé P., Février 2016. Escherichia coli (E. Coli) - Symptômes et traitement, Sante-Medecine, Journal des Femmes Santé.

J.O.R.A., 2011. Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire Conventions et Accords Internationaux- Lois et Décrets Arrêtes, Décisions, Avis, Communications et Annonces (Traduction Française). Imprimerie officiel. P : 23.

Lanjri A. ; Brigui J. ; El Cadi A. ; Khaddor M. ; Salmoune F. 2014. Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de Tanger. Mémoire master. Université Abdelmalek Essaadi, Maroc. P : 130-134.

Layada S. et Oughidni F. ,2014. Evaluation physico-chimique et bactériologique de rejet Boumahra Ahmed (W. de Guelma) et purification par les Nanoparticules (TiO₂ et CAP) Mémoire Fin d'étude. Université 08 Mai 1945, Guelma. P : 76.

Marchal J.P., 2007. Eau destinée à la consommation humaine. Guide pour la protection des captages publics. Département de Gard et de l'Hérault, Rapport Final BRGM/RP-55699-FR.

Margat J. ; Andréassian V. 2008. L'Eau, Ed Le cavalier bleu, Paris, P : 289

Nassah H. et Omdi F., 2011. Les périmètres de protections des champs de captage des eaux souterraines. Cas du champ captant du N'Fis (Maroc), Mémoire fin d'étude.

Université Marrakech. P : 120

Nechad I., Fadil K., Fadil F. 2014. Qualité physico-chimique des eaux des sources Ain Regrag et Ain sidi Bouali dans la région de Séfrou (Moyen Atlas, Maroc). Mémoire master. Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fès, Maroc. P : 150

OMS., 2011. Guide Lines for Drinkin-Water de l'Organisation Mondiale de la Santé. P :541

Reggam A., 2015. Contribution à l'étude de la qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau de l'oued Seybouse. Thèse doctorat. Université 08 Mai 1945, Guelma. P :137.

Rejsek F., 2002. Analyse des eaux ; aspects règlementaires Et techniques, Paris, Edition *Sceran*. P : 360.

Rodier J. 2009. L'analyse de l'eau. Eaux naturelles. Résiduaires. Eau de mer, 8ème édition, Paris. Edition *DUNOD*. P : 1383.

Samake H., 2002. Analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S des eaux de consommation de la ville de BAMAKO. Thèse doctorat. Unive. de BAMAKO. P: 156.

Savary P., 2010. Guide des analyses de la qualité de l'eau, Edition *Territorial. Bresson*. P : 353.

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

Sfardjli F., 2015. Les périmètres de protection des ouvrages de captage des eaux de souterraine. Mémoire master. Université d'Aboubeker Belkaid. Tlemcen. P : 72

Tabet M., 2015. Etude physico-chimique et microbiologique des eaux usées et évaluation du traitement d'épuration. Thèse doctorat. Université 08 Mai 1945, Guelma. P : 103.

Vilaginès R., 2010. Eau, environnement et santé publique, Edition *TEC & DOC* Paris, P : 376.

Weill F-X., Novembre 2012. Fièvres typhoïde et paratyphoïde, institut pasteur, pour la recherche pour la santé pour demain.

Site Web

- [1] : <http://www.lenntech.fr/francais/data-perio/s.htm#ixzz40pSR9hSQ> consulté le : 25-04-2016
- [2] : <http://www.lenntech.fr/data-perio/fe.htm#ixzz41OwZXfwP> consulté le : 13-03-2016
- [3] : <http://www.annuaire-mairie.fr/ville-bouhachana.html> consulté le : 28-01-2016
- [4] : <http://www.annuaire-mairie.fr/ville-heliopolis-algerie.html> consulté le : 28-01-2016
- [5] : <http://bernard.pironin.pagesperso-orange.fr/aquatech/caract-elec.htm> consulté le : 01-02-2016
- [6] : http://eaudepot.com/pages/qu2019est2dce_que_le_tds.html consulté le : 28-05-2016
- [7] : <http://www.antiageintegral.com/nutrition/eau-alcaline-bicarbonate.asp> consulté le : 23-03-2016
- [8] : <http://leaudansmonlabo.net/informations/definitions-eau-ultrapure/#tab-id-5> consulté le : 16-04-2016
- [9] : <http://www.eau-ionisee.ch/orp-eau-ionisee.html> consulté le : 23-04-2016
- [10] : <http://www.h2obenelux.be/analyses/residus-secs/> consulté le : 14-05-2016
- [11] : <http://canadiensensante.gc.ca/publications/healthy-living-vie-saine/water-chloride-chlorure-eau/index-fra.php> consulté le : 21-05-2016
- [12] : <http://www.lenntech.fr/francais/ammonium-environnement.htm#ixzz47264ZbaE> consulté le : 01-06-2016
- [13] : <https://www.aqualife.ca/ph-orp/> consulté le : 28-02-2016
- [14] : <http://eau.saine.over-blog.com/article-relation-entre-orp-et-ph-49219465.html> consulté le : 30-04-2016

Annexe

Tableau 01 : Table de NPP (Rodier, 2009)

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

Tableau 02 : Situation épidémiologiques des MTH de la wilaya de Guelma (2000-2015) (Direction de la santé et de population de la wilaya Guelma).

Années	Fièvre typhoïde	Dysenterie A.B	Hépatite viral
2000	25	01	12 A
2001	31	58	6A +12B
2002	13	15	6A+14B
2003	07	06	3A
2004	01	05	1A+14B
2005	08	24	2A+15B+4C
2006	08	02	1A+21B+6C
2007	04	01	20A+37B+5C
2008	05	02	13A+35B+6C
2009	01	00	3A+56B+11C
2010	02	00	11A+59B+9C
2011	05	07	110A+131B+18C
2012	14	00	96A+162B+36C
2013	11	00	13A+115B+40C
2014	06	00	74A+116B+38C
2015	04	00	24A+126B+38C

Tableau 03: Relation entre la minéralisation et la conductivité électrique (Rodier, 2009)

Conductivité électrique	Taux de minéralisation
$CE < 100 \mu\text{s} / \text{cm}$	minéralisation très faible
$100 < C.E < 200 \mu\text{s} / \text{cm}$	minéralisation faible
$200 < C.E < 333 \mu\text{s} / \text{cm}$	minéralisation moyenne
$333 < C.E < 666 \mu\text{s} / \text{cm}$	Minéralisation moyenne accentuée
$666 < C.E < 1000 \mu\text{s} / \text{cm}$	Minéralisation importante
$C.E > 1000 \mu\text{s} / \text{cm}$	Minéralisation élevée

Tableau 04: Qualité de l'eau en fonction de la dureté (Reggam, 2015).

Dureté (F°)	Qualification de l'eau
0-7	Eau très douce
7-14	Eau douce
14-20	Eau moyennement dure
20-30	Eau assez dure
30-50	Eau dure
50 et plus	Eau très dure

Tableau 05 : Référence de qualité des paramètres physico-chimique dans l'eau destinée à la consommation humaine (J.O.R.A ,2011) (O.M.S ,2011).

Paramètres	Unités	Valeurs maximales admissibles	
		OMS	J.O. R. A
Turbidité	NTU	1	5
Résidu sec	mg/l	/	1500
Température	°C	/	25
Concentration en ions Hydrogène	Unité pH	≥ 6,5 et ≤ 8,5	≥ 6,5 et ≤ 9
Conductivité	μS/cm à 20 °C	2000	2800
TDS	mg/l	1000	1000
Dureté totale (TH)	Degré français °F	10°F	20°F
Calcium	mg/l en CaCO ₃	100	200
Magnésium	mg/l de Mg ²⁺	50	50
Sulfates	mg/l	250	400
Chlorures	mg/l	250	500
Nitrates	mg/l de NO ₃ ⁻	50	50
Nitrites	mg/l NO ₂ ⁻	0,2	3
Ammonium	mg/l	0,5	0,5
Phosphate	mg/l	5	5
Salinité	mg/l	1	/
oxygène dissous	mg/l	≥5-7	/
Résistivité	μS/cm	/	
Oxydo réduction potentiel ORP	mV	/	/
Fer	mg/l	0,3	0,3
Matière organique	mg/l	/	/
Bicarbonate (HCO ₃ ⁻)	mg/l	/	/
Alcalinité TA	mg/l en CaCO ₃	50	500
TAC	Mg/l	/	/

L'étude climatique et statistique de la wilaya de Guelma :

Le territoire de la wilaya de Guelma se caractérise par un climat doux et pluvieux en hiver et chaud en été. La température qui varie de 4°C en hiver à 42°C en été est en moyenne de 17,3°C.

1. La température :

La température est l'un des facteurs les plus importants du climat. Elle agit sur les répartitions d'eau qui s'opèrent par le phénomène de l'évapotranspiration.

Les statistiques de températures affichées ici représentent des différentes valeurs moyennes maximum et minimum de température pour 10 ans (de 2005 à 2015).

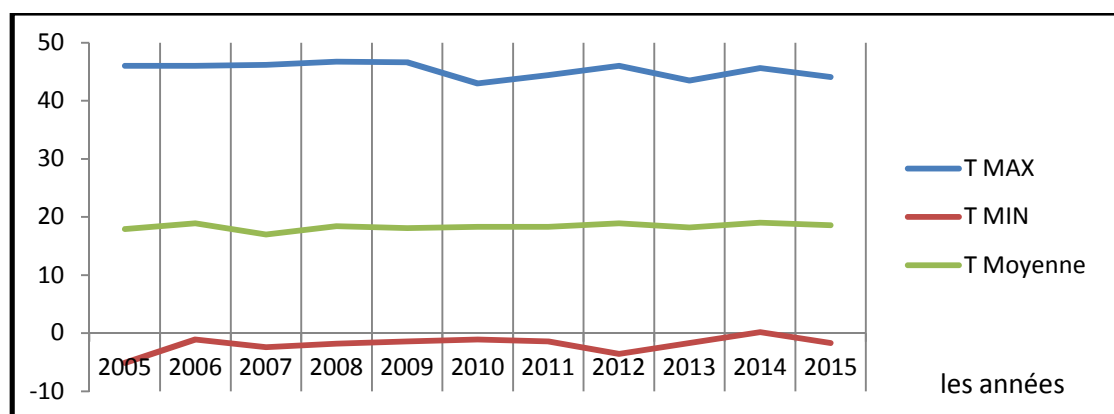


Figure 01 : Diagramme des statistiques de températures moyennes maximum et minimum pour 10 ans (de 2005 à 2015) de la wilaya de Guelma

Les températures moyennes annuelles les plus élevées sont observées pendant l'année 2006, avec une température 18.6°C. Par contre les températures minimum (-2.4 à -5.1°C) sont observées pendant les années 2005 et 2007. Alors que les températures les plus élevées sont presque identique dans toutes les années de (44 à 46°C).

2. Précipitations :

Les pluies qui tombent en Algérie sont d'origines orographiques et torrentielles. Elles varient selon l'altitude. Divers facteurs contribuent à déterminer les zones de précipitations en Algérie, en particulier l'orientation des chaînes de montagnes et la direction des vents dominants porteurs d'humidité. Dans tout le littoral et le Tell, la direction des vents, pendant la saison pluvieuse, est franchement Nord-Ouest avec une fréquence moyenne de 50 fois par an, ce sont les vents du Nord-Ouest qui apportent les précipitations de l'hiver.

L'histogramme ci-après montre Les statistiques des précipitations affichées dans la wilaya de Guelma durant la période de 10 ans (2005 à 2015). Les données météorologiques sont récoltées du site officiel de Guelma.

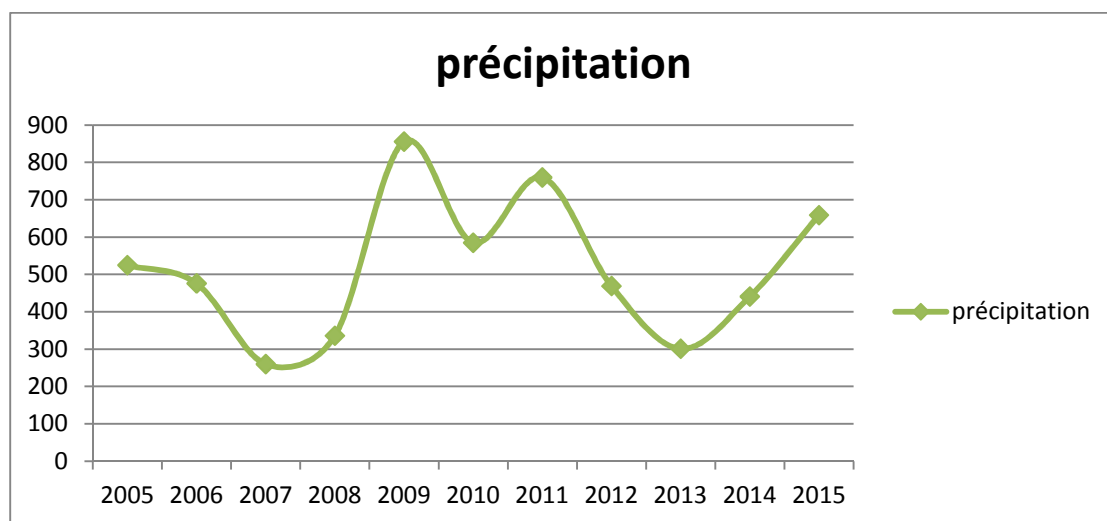


Figure 02: Diagramme pluviométrique annuels de la ville de Guelma (2005-2015)

Les précipitations atteignent le maximum Dans les années 2009,2011 avec 800 mm/années, et moyenne précipitation de 500 mm/années en 2005, 2006, 2010,2012 et 2014, tandis que en 2007, 2008 et 2013 avec une faible recharge de 200mm années.