

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
DEPARTEMENT : ÉCOLOGIE ET GENIE DE L'ENVIRONNEMENT.



Mémoire de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité/Option : Microbiologie Appliquée

Thème

Analyse physico-chimique et bactériologique de l'eau des sources de la région de Guelma

Présenté par :

Slama Ismail

Himri Abd El Hakim

Rahdoun Karima

Devant le jury composé de :

Président : Mr. Bouchlaghem H.

MCB

Université de Guelma

Examineur : Mme. Ayad H.

MCB

Université de Guelma

Encadreur : Mme. Boussadia M.I.

MCB

Université de Guelma

Juillet 2021

Remerciement

Avant tout, nous remercions Allah tout puissant qu'il nous a guidé tout au long de nous vie, qu'il nous a donné le courage et la patience pour passer tous les moments difficiles, et qu'il nous a permis d'achever ce travail.

Nos remerciements s'étendent également à notre encadreur **Mme. BOUSSADIA M I.** pour avoir accepté de nous encadrer. Pour la confiance, le suivie, l'aide, le soutien et les conseils qu'elle nous a accordé tout au long de notre projet de fin d'étude.

Nous adressons nos sincères remerciements aux membres de jury qui ont accepté d'évaluer ce modeste travail. Nous voudrions remercier **Mr. Bouchlaghem H.** qui nous a honoré de sa présence et d'avoir accepté de présider le jury.

Nous remercions également **Mme. Ayad H.** qui a accepté d'examiner ce travail.

Nous tenons également à remercier vivement l'ensemble de l'équipe du laboratoire de la station du traitement des eaux Hammam Debagh (Salah, Mebarka, Amel, Chahra, Radia et Samira, ...) pour leur accueil chaleureux et leur bonne humeur.

Un grand merci à nos parents, pour tout l'amour et le soutien qu'ils nous ont apporté à tous les moments de notre vie. Ils sont toujours été une source de tendresse et un modèle de travail, de sagesse et d'humilité.

Et enfin à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire.

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail de fin d'étude :

À mes chers parents ; symboles de sacrifice, de tendresse d'amour. Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.

*À mes chères sœurs : KARIMA, LAMIA, ILHEM, NIHED
et mon cher frère NOUH pour leur support continu et leur amour.*

Aux petits enfants ZAID et TAIMA

À tous ma famille paternelle et maternelle.

À mes amies pour leur encouragement et leur amour.

À tous ce qui me sont chers.

Et à mon binôme HIMRI ABD EL HAKIM qui j'ai la trouvé comme un frère pendant mes années d'étude universitaire.

-SLAMA ISMAIL-

Dédicace

Avec l'aide et la protection d'ALLAH et,

D'un cœur plein d'amour et de fierté, Je dédie ce modeste travail

A mes plus chers êtres au monde :

Ma mère et mon père

Pour leur Encouragement, leur tendresse, et pour leur soutien moral et matériel durant toutes les étapes de ma vie.

A la mémoire de mon chère grand-père KADOUR que Dieu garde son âme dans son vaste paradis.

A mes chers frères : FATEH et KHALED.

A ma chère sœur ASMA.

A petit enfant NAOUFEL.

A tous ma famille paternelle et maternelle

A mon ami et mon binôme SLAMA ISMAIL qui a partagé avec moi, les bons et les durs moments.

A tous mes amis de près ou de loin.

A mes chers enseignants que ce soit du primaire, du moyen, du Secondaire et de l'enseignement Supérieur.

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

A toutes les personnes qui j'aime.

Merci.

-HIMRI ABD EL HAKIM-

Dédicace

A dieu, tout puissant, qui m'a donné la force, la santé et le courage de réaliser ce précieux travail.

A mes chère parents DALIA et AHMED, pour l'affection et l'amour qui m'ont donné, le courage et la force dans les moments le plus difficiles,

Pour son soutien moral et ses conseils le plus précieux qui m'ont servi dans ma vie et son encouragement sans limite.

Aussi c'est tout simplement que je te souhaite que dieu vous préserve une longue vie.

-RAHDOUN KARIMA-

Résumé

Résumé

L'eau est une ressource naturelle précieuse et essentielle pour de multiples usages. Son utilisation à des fins alimentaires ou d'hygiène nécessite une excellente qualité physico-chimique et bactériologique. Notre étude consiste à évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de 7 sources situées dans la Wilaya de Guelma, afin de déterminer leur conformité à la consommation humaine.

Le présent travail renferme d'une part l'analyse de certains paramètres physico-chimiques des eaux tels que la température, pH, conductivité électrique, turbidité, TDS, salinité, dureté totale, matière organique, matière en suspension, la détermination des concentrations en ions tels que les Cl^- , SO_4^{2-} , NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} et Fe^{2+} et d'autre part une éventuelle recherche de germes indésirables tels que les germes totaux, coliformes totaux et fécaux, streptocoques fécaux ainsi que les *clostridium* sulfito-réducteurs.

Les analyses physico-chimiques montrent que la qualité des eaux de sources est conforme aux normes recommandées par l'organisation mondiale de la santé (OMS) pour l'ensemble des paramètres étudiés à l'exception de la dureté totale (Th).

Sur le plan bactériologique, l'analyse montre une charge importante de germes totaux et coliformes totaux dans les sources de Ain Drahem (S5), Ain Chouikha (S6) et Ain Guettara (S7). Par ailleurs, les coliformes fécaux, streptocoques fécaux et *clostridium* sulfito-réducteurs sont répertoriés seulement à Ain Drahem (S5). Le nombre de ces bactéries dépassent les normes en vigueur préconisées par l'OMS. En effet, leur présence dans ces sources constitue sans doute un danger non négligeable pour la santé de la population approvisionnant ces eaux.

Mots clés : Eau de source ; Guelma ; qualité ; physico-chimique ; bactériologique.

Water is a precious and essential natural resource for many uses. Its use for food or hygiene purposes requires an excellent physicochemical and bacteriological quality. Our study consists in evaluating the physicochemical and bacteriological quality of the water of 7 springs located in the Wilaya of Guelma, in order to determine their conformity for human consumption

The present work contains on the one hand the analysis of some physicochemical parameters of waters such as temperature, pH, electrical conductivity, turbidity, TDS, salinity, total hardness, organic matter, suspended matter, the determination of ion concentrations such as Cl^- , SO_4^{2-} , NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} and Fe^{2+} and on the other hand a possible search for undesirable germs such as total germs, total and fecal coliforms, fecal streptococci as well as sulphatic-reducing *Clostridium*

The physicochemical analyses show that the quality of the spring water is in conformity with the standards recommended by the World Health Organization (WHO) for all the studied parameters except the total hardness (Th).

On the bacteriological level, the analysis shows an important load of total germs and total coliforms in the springs of Ain Drahem (S5), Ain Chouikha (S6) and Ain Guettara (S7). On the other hand, fecal coliforms, fecal streptococci and *Clostridium* sulphatic-reducers are listed only in Ain Drahem (S5). The number of these bacteria exceeds the current standards recommended by WHO. Indeed, their presence in these springs is undoubtedly a significant danger to the health of the population supplying these waters.

Key words: Spring water; Guelma; quality; physicochemical; bacteriological.

الماء مورد طبيعي ثمين وضروري لاستخدامات متعددة. يتطلب استخدامه للأغذية أو لأغراض النظافة جودة فيزيائية وكيميائية وبكتريولوجية ممتازة. تتكون دراستنا من تقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية للمياه من 7 مصادر تقع بولاية قالمة، من أجل تحديد مدى مطابقتها للاستهلاك الأدمي.

يشمل هذا العمل من ناحية تحليل بعض المعايير الفيزيائية والكيميائية للمياه مثل درجة الحرارة، ودرجة الحموضة، والتوصيل الكهربائي، والعكارة، والمواد الصلبة الذائبة، والملوحة، والصلابة الكلية، والمواد العضوية، والمادة المعلقة، وتحديد التركيزات في الأيونات مثل Cl^- ، SO_4^{2-} ، NO_2^- ، NO_3^- ، NH_4^+ ، PO_4^{3-} ، Ca^{2+} ، Mg^{2+} و Fe^{2+} ومن ناحية أخرى بحث محتمل عن الجراثيم غير المرغوب فيها مثل مجموع الجراثيم، القولونيات الكلية والبرازية، العقديات البرازية مثل وكذلك المطثيات التي تقلل من الكبريتيت.

تظهر التحليلات الفيزيائية والكيميائية أن جودة مياه الينابيع تتوافق مع المعايير الموصى بها من قبل منظمة الصحة العالمية (WHO) لجميع المعايير المدروسة باستثناء العسر الكلي (Th).

من الناحية البكتريولوجية، أظهر التحليل وجود حمولة كبيرة من الجراثيم الكلية والقوليفورم الكلي في مصادر عين دراهم (S5) وعين شويخة (S6) وعين قطارة (S7) بالإضافة إلى ذلك، تم إدراج القولونيات البرازية والمكورات العقدية البرازية والمطثية المقصاة للكبريتيت فقط في عين دراهم (S5)، عدد هذه البكتيريا يتجاوز المعايير الحالية التي أوصت بها منظمة الصحة العالمية. في الواقع، يشكل وجودهم في هذه المصادر بلا شك خطراً كبيراً على صحة السكان الذين يمدون هذه المياه.

الكلمات الرئيسية: مياه الينابيع؛ قالمة. جودة؛ فيزيائي-كيميائي، بكتريولوجية.

Résumé	I
Abstract	II
ملخص	III
Liste des tableaux	IV
Liste des figures	V
Liste des symboles et abréviations	VI

Introduction	01
---------------------	-----------

Chapitre I : Synthèse bibliographique

1. Généralité sur l'eau	03
1.1. Cycle de l'eau	03
1.2. Usages des eaux	04
1.2.1. Usages domestiques	04
1.2.2. Usages agricoles	04
1.2.3. Usages industriels	05
1.2.4. Usages énergétiques	05
1.2.5. Usages liés à la santé	05
2. Types des eaux	06
2.1. Eaux de surface	06
3. Eaux souterraines	06
3.1. Constituants des eaux souterraines	08
3.2. Eaux de source	08
3.2.1. Origine des eaux de sources	09
4. Paramètres organoleptiques et physico-chimiques	09
4.1. Paramètres organoleptiques	09
4.2. Paramètres physico-chimiques	10
4.2.1. Paramètres physiques	10
4.2.2. Paramètres chimiques	11
4.3. Eléments majeurs	13
5. Paramètres bactériologiques	16
6. Les maladies à transmission hydriques	18

Chapitre II : Matériel et Méthodes

1. Présentation de la zone d'étude	19
2. Méthode de travail	20
3. Echantillonnage	20
3.1. Choix des sites de prélèvements	20
3.2. Mode de Prélèvement	22
3.2.1. Prélèvement destiné à l'analyse physico-chimique	22
3.2.2. Prélèvement destiné à l'analyse bactériologique	22
4. Analyse physico-chimique	23
5. Analyse bactériologique	30

Chapitre III : Résultats et Discussion

1. Paramètres physico-chimiques	42
2. Résultats de l'analyse bactériologique	54
3. Discussion	57
Conclusion et perspectives	61
Références Bibliographiques	
Annexes	

Liste des figures

N° de Figure	Titre de figure	N° de page
1	Cycle générale de l'eau	4
2	Situation géographique des 7 sources étudiées	19
3	Photos des sources étudiées	21
4	Multi paramètres de type WTW LF197	23
5	Turbidimètre	23
6	Rampe de filtration	31
7	Recherche et dénombrement des Microorganismes revivifiants à 37 °C	33
8	Test confirmatif de la présence des coliformes fécaux	35
9	Recherche et dénombrement des coliformes totaux et thermotolérants	37
10	Recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfito-réducteurs	39
11	Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux	41
12	Variation de la température dans les sources étudiées	42
13	Variation de pH dans les sources étudiées	43
14	Variation de la conductivité électrique dans les sources étudiées	44
15	Variation de turbidité dans les sources étudiées	44
16	Variation de TDS dans les sources étudiées.	45
17	Variation de salinité dans les sources étudiées	46
18	Variation de TH dans les sources étudiées	46
19	Variation de MO dans les sources étudiées	47
20	Variation de MES dans les sources étudiées	47
21	Variation de calcium dans les sources étudiées	48
22	Variation de magnésium dans les sources étudiées	49
23	Variation des chlorures dans les sources étudiées	50
24	Variation des sulfates dans les sources étudiées	50
25	Variation des phosphates dans les sources étudiées	51
26	Variation de fer dans les sources étudiées	52
27	Variation des nitrites dans les sources étudiées	52
28	Variation des nitrates dans les sources étudiées	53
29	Variation de l'ammonium dans les sources étudiées	54
30	Variation des germes totaux dans les sources étudiées	54
31	Variation des coliformes totaux dans les sources étudiées	55
32	Variation des coliformes fécaux dans les sources étudiées	56
33	Variation des streptocoques fécaux dans les sources étudiées	56
34	Variation des ASR dans les sources étudiées	56

Liste des tableaux

N° de tableau	Titre du tableau	N° de page
1	Quantité moyennes d'eau nécessaire à la fabrication de 1 kg de produit	5
2	Comparaison entre les eaux de surface et souterraines	7
3	Position géographique des sources échantillonnées	20
4	Périodes de prélèvement	22
5	Référence de qualité des paramètres physico-chimique dans l'eau destinée à la consommation humaine (O.M.S ,2011)	Annexe
6	Référence de qualité des paramètres Bactériologique dans l'eau destinée à la consommation humaine (O.M.S ,2011)	Annexe

Liste des symboles et abréviations

ADE : Algérienne des eaux.

ASR : aérobies sulfito-réducteurs.

BEA : Bile esculine azoture.

°C : Degré celsius.

CE : Conductivité électrique

CF : Coliformes fécaux.

CT : Coliformes totaux.

E. Coli : *Escherichia Coli*.

EDTA : Ethyle diamine tétra acétique.

°F: Degré français.

h : heure.

ISO : International Standardisation Organisation.

L : litre.

MES : Matière en suspension.

MO : Matière oxydable.

m: mètre.

mg/L : milligramme par litre.

min : minute.

ml : millilitre.

N° : numéro.

NTU : Néphélométrie turbidityunites

nm : nanomètre

OMS : Organisation mondiale de la santé.

pH : potentiel d'hydrogène.

T° : Température.

TDS : Taux des sels dissous.

Liste des symboles et abréviations

TGEA: Tryptone Glucose Extract Agar.

tab : Tableau.

$\mu\text{s}/\text{cm}$: Micro siemens par centimètre.

UFC : Unité formant colonies.

VF : Viande foie.

Introduction

L'eau est l'élément essentiel à la vie. Elle représente un pourcentage très important dans la concentration de tous les êtres vivants. Le corps d'un être humain adulte est composé de 60% d'eau et une consommation minimale de 1,5 litre d'eau par jour lui est nécessaire (**Diop, 2006**).

L'altération de l'environnement naturel, notamment le milieu aquifère est devenu progressivement une préoccupation mondiale. En Algérie, la principale source de satisfaction de la demande en eau est l'eau souterraine, du fait de son exploitation relativement facile. La croissance démographique et la modernisation de l'agriculture entraînent un problème énorme de détérioration de la qualité de cette source souterraine, souvent existante en quantité limitée. Le mécanisme de cette pollution des eaux souterraines est souvent un processus évolutif dans l'espace et dans le temps et il est difficilement maîtrisable (**Aouissi, 2009**).

L'utilisation d'une eau non potable et le manque d'hygiène constituent la 6^{ième} cause de décès dans le monde, principalement par des maladies diarrhéiques (**OMS, 2002**). En effet, d'après un rapport de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), cinq millions de nourrissons meurent chaque année de maladies diarrhéiques dues à la consommation des aliments ou de l'eau de boisson contaminés (**Pulim, 1991**).

La pollution des eaux reste un problème international résultant d'une part des changements chimiques que l'eau peut subir (concentration, échanges de base, réduction), capables de modifier partiellement ses caractéristiques chimiques, et d'autre part de changements thermiques ou microbiologiques provenant de sources ponctuelles ou non ponctuelles.

La pollution microbiologique est l'une des causes majeures de l'altération des propriétés de l'eau (**James et Joyce, 2004**). De plus, La contamination bactériologique des eaux peut causer des maladies graves en particulier dans les pays en voie de développement telles que les : méningites, infections hépatiques, typhoïdes, choléra, troubles respiratoires, dysenterie...

Le problème de la dégradation des ressources en eau est devenu l'un des aspects les plus inquiétants car celle-ci est susceptible d'engendrer des altérations catastrophiques sur le sol, sur l'organisme humain et même de toucher à la santé de toute une population et pourrait constituer également à long terme un réel danger pour l'avenir de l'humanité.

Dans ce contexte la présente étude a pour objectif de contrôler la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de diverses sources localisées dans 7 communes de la wilaya de

Guelma- Algérie, permettant également de contrôler l'efficacité des mesures de protection et de traitement.

Notre démarche se déroule en trois chapitres :

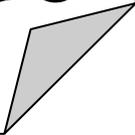
- Le premier présente une synthèse bibliographique qui englobe des généralités sur l'eau et les maladies à transmission hydriques.
- Le deuxième chapitre renferme le matériel et les méthodes d'analyses physico-chimiques et bactériologiques.
- Le troisième illustre les résultats issus avec leur discussion.

Et enfin, nous terminerons par une conclusion et des perspectives d'étude.

Chapitre I

Synthèse

Bibliographique



1. Généralité sur l'eau

L'eau est très présente sur notre planète, ainsi vue de l'espace, la terre apparaît bleue car les océans recouvrant près des trois quarts de la surface terrestre (70%). La totalité de l'eau sur terre représente un volume de 1,4 milliard de km³ sous forme liquide, solide ou gazeuse. Cependant, la majeure partie de l'eau (97 %) est contenue dans les océans et est salée, ce qui la rend inutilisable pour l'homme (CIE, 2013).

1.1. Cycle de l'eau

La connaissance de l'origine de l'eau, de son cycle, de sa dynamique dans la nature et sa répartition dans l'espace et dans le temps est une donnée fondamentale. L'eau fait partie d'un cycle naturel en perpétuel mouvement entre la terre et l'atmosphère (Ayad, 2017).

Le soleil réchauffe l'eau des océans ; celle-ci s'évapore dans l'air. Les courants d'air ascendants entraînent la vapeur dans l'atmosphère, où les températures plus basses provoquent la condensation de la vapeur en nuages.

Dans le ciel, les nuages se condensent sous forme de vapeur d'eau autour des particules de poussières, puis tombent en précipitations sous forme de pluie ou de neige, sous l'action de phénomènes météorologiques complexes où interviennent surtout les vents et les différences de températures (Ayad, 2017).

L'eau de pluie ruisselle en partie à la surface du sol, s'infiltré en partie dans le sol. L'eau de ruissellement corrodé les montagnes et creuse les vallées ; L'eau d'infiltration favorise le développement de la végétation et forme des nappes souterraines qui circulent elles aussi, une partie se jetant directement dans la mer et le reste venant alimenter les rivières à leur source ou par le biais d'un affluent (fig.1).

La durée des diverses phases de ce cycle sont souvent méconnues, elles atteignent quelques jours entre l'océan et la pluie, quelques heures à quelques mois entre la pluie et la nappe (recharge), plusieurs années ou millénaires entre la nappe et la source ou le puits (écoulement-souterrain) (Collin, 2004).

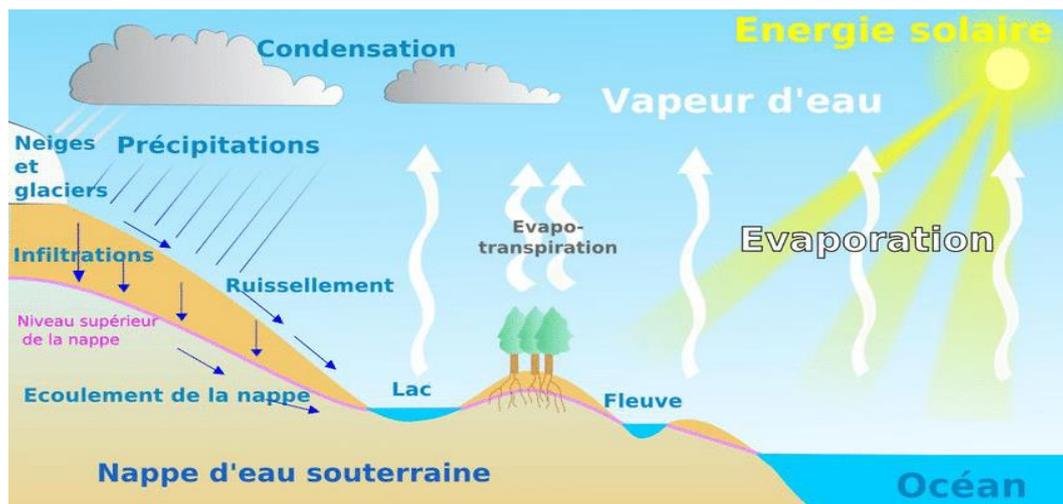


Figure 1 : Cycle générale de l'eau.

1.2. Usages des eaux

L'eau est une substance indispensable à tous les êtres vivants : hommes, animaux et plantes. Elle est également nécessaire à toutes les activités développées par l'homme. On peut ainsi distinguer différents usages [1].

1.2.1. Usages domestiques

Les eaux de consommation publique sont utilisées à différentes fins. En moyenne, chaque être humain consomme 150 litres d'eau par jour. L'essentiel de l'eau consommée est utilisé pour l'hygiène corporelle, les sanitaires, l'entretien de l'habitat et diverses tâches ménagères. La boisson et la préparation des aliments ne représentent que 7% de notre consommation totale. En plus, il faut ajouter les consommations collectives auxquelles chacun participe : écoles, hôpitaux, bureaux, lavage des rues, fontaines dans les villes [1].

1.2.2. Usages agricoles

L'eau est très consommée par l'agriculture pour l'irrigation et l'élevage. Cependant, l'irrigation nécessite des volumes élevés, un hectare de maïs consomme 20.000 m³ de l'eau pendant sa période végétative, un hectare de riz 40.000 m³ en moyenne.

Les activités d'élevages sont aussi fortement consommatrices d'eau. On estime la quotidienne d'eau par tête entre 50 et 200 litres pour les gros bétails et entre 10 et 40 litres pour les petits bétails [1].

1.2.3. Usages industriels

L'eau est au cœur de nombreux processus industriels (tab.1). Elle est aussi très utilisée pour le lavage et l'évacuation des déchets, pour le refroidissement des installations ou pour faire fonctionner les chaudières. Le refroidissement des installations représente l'essentiel de l'utilisation industrielle [1].

Tableau1 : Quantité moyennes d'eau nécessaire à la fabrication de 1 kg de produit (Smaili., Touati.2018).

Matière	Quantité d'eau en litre
Acier	300-660
Papier	500-800
Sucre	300-400
Ciment	35-50
Carton	60-400
Savon	1-35
Matière plastique	1-2

1.2.4. Usages énergétiques

La production d'électricité nécessite de grandes quantités de l'eau pour assurer la sûreté et la productivité des centrales thermiques et nucléaires. Elle varie en fonction des choix énergétiques des pays (énergie nucléaire, hydroélectricité...) mais généralement, cette eau est restituée à son milieu d'origine, en Europe occidentale, près de la moitié de l'eau prélevée est utilisée pour la production d'électricité (Aoualmia et Rouabhia, 2011).

1.2.5. Usages liés à la santé

Il s'agit des cures thermales et de la thalassothérapie [1].

2. Types des eaux

2.1. Eaux de surface

Les eaux de surface, également appelées eaux superficielles, sont stockées à la surface des continents. Elles sont caractérisées par une surface de contact eau-atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable. Elles proviennent soit par des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit par les eaux de ruissellement (fleuves, rivières, barrages, mares) (**Degremont., 2005**). La terre renferme 97.5% d'eau dont l'essentiel est une eau salée (les océans) et 2.5% seulement d'eau douce (AMH journée mondiale de l'eau 2003). Grossies par les eaux de ruissellement elles reçoivent toutes sortes de déchets nuisibles pour la santé (**Lambert, 1998**).

Les ruissellements de surface constituent la cause essentielle de la turbidité et de la teneur en matières organiques, des débris d'origine végétale ou animale, ainsi que des micro-organismes pathogènes des eaux de surface. C'est ainsi que les eaux de surface font plus objets des pollutions physico-chimiques et microbiennes.

En plus, ces eaux superficielles doivent subir un traitement en plusieurs étapes pour être utilisées pour la boisson et les usages domestiques. Elles ne peuvent être utilisées sans traitement. De plus, pour envisager d'alimenter des populations à partir d'eaux de surface, il faut éviter les conditions favorisant l'érosion des sols, les conditions non hygiéniques et les pollutions accidentelles et chroniques.

3. Eaux souterraines

Les eaux souterraines sont des sources naturelles et vitales. Elles sont plus en moins renouvelables et transfrontalières. Les eaux souterraines proviennent principalement des eaux superficielles, d'accroissement de la condensation de la vapeur d'eau atmosphérique dans les cavités karstiques, ou dans les pores de terrains. Elle présente généralement une bonne qualité bactériologique, une température et une composition chimique constante (**Chalgou et Naili, 2017**) (tab.2).

Les principales caractéristiques des eaux souterraines sont (**Desjardins, 1997**) :

- Turbidité faible.
- Contamination bactérienne faible.

- Température constante.
- Débit constant.
- Dureté souvent élevée.
- Concentration élevée de fer et de manganèse.

Tableau 2 : Comparaison entre les eaux de surface et souterraines (**Bourrier et Selmi, 2011**).

Caractéristiques	Eau de surface	Eau souterraines
Température	Variable suivant les saisons	Relativement constante
Turbidité, MES	Variable, parfois élevée	Faible ou nulle
Couleur	Liée surtout aux MES (argiles, algues)	Liée surtout aux matières en solution (acide humique par exemple)
Fe et Mn divalent (à l'état dissous)	Généralement absents sauf en profondeur des pièces d'eau en état d'eutrophisation.	Généralement présents Sensiblement
Minéralisation globale	Variable en fonction des terrains, des précipitations, des rejets	Constante en général nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région
CO ₂ agressif	Généralement absent	Souvent présent en grande quantité
Oxygène dissous	Le plus souvent au voisinage de la saturation. Absent dans le cas d'eaux très polluées	Absent dans la plupart du Temps
H ₂ S	Généralement absent	Souvent présent
NH ₄ ⁺	Présent seulement dans les eaux polluées	Présent fréquemment sans être un indice systématique de pollution bactérienne
Nitrates	Peu abondant en général	Teneur parfois élevée
Micropolluants minéraux et organiques	Présents dans les eaux de pays développés mais susceptibles de disparaître rapidement après suppression de la source	Généralement absents, mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps

Eléments vivants	Bactéries (dont certaines pathogénies), virus, plancton	Ferro bactéries fréquentes
------------------	---	----------------------------

3.1. Constituants des eaux souterraines

Les eaux souterraines contiennent des molécules d'eau autour desquelles sont dissous des ions (majeurs, mineurs, et traces), des gaz dissous (oxygène, gaz carbonique) et parfois de la matière organique dissoute. Les origines de ces composants sont diverses et proviennent de sources naturelles ou anthropiques (déchets, activités industrielles, agriculture, mines...). Si certains de ces composants présentent un danger pour la santé humaine et pour l'environnement, ils sont considérés comme des polluants. On classe les eaux selon le degré de pureté et les polluants qu'elles contiennent (**Chena et Grara, 2015**).

3.2. Eaux de source

Les eaux de source sont comme les eaux minérales naturelles, exclusivement d'origine souterraine, microbiologiquement saines, préservées de la pollution d'origine humaine, et aptes à la consommation humaine sans traitement ni adjonction. Contrairement aux eaux minérales naturelles, leur composition n'est pas systématiquement stable. Les eaux de sources répondent aux mêmes critères de potabilité que l'eau du robinet.

Les eaux de source sont de deux types : les eaux de source naturelles et les eaux de source minérales.

- **Eaux de source naturelle**

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

- **Eaux de source minérale**

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

eaux minérales font donc l'objet d'autorisations spécifiques, après analyse de leurs effets thérapeutiques.

Les eaux minérales peuvent être classées selon leurs teneurs en minéraux en eau très peu minéralisée, eau sulfatée calcique et eau bicarbonatée sodique (**Alouane, 2012**).

3.2.1. Origine des eaux de sources

L'eau de source provient obligatoirement d'une nappe d'eau d'origine souterraine. Plus la profondeur à laquelle se trouve l'eau est importante, plus elle assure à l'eau sa pureté. De nombreuses sources sont localisées dans des zones montagneuses ou sont naturellement protégées, comme par exemple dans les Parcs Nationaux.

Toutes deux ont une origine commune : les eaux de pluies (eaux souterraines).

Une fois infiltrées, les pluies percolent verticalement à travers les différentes formations géologiques, appelées formations aquifères, jusqu'à la zone de saturation (nappe phréatique). Une fois emmagasinées (eaux souterraines), la nappe chemine en sous-sol sur la couche imperméable, en suivant les pentes, parfois pendant des dizaines voire des centaines de kilomètres, avant de ressortir à l'air libre, alimentant une source ou un cours d'eau. Les nappes souterraines fournissent ainsi presque le tiers du débit total de tous les cours d'eau de la planète, soit environ 12.000 kilomètres cubes d'eau par an. Elles constituent une ressource naturelle renouvelable, régies par le cycle global de l'eau (**Alouane, 2012**).

4. Paramètres organoleptiques et physico-chimiques de l'eau

4.1. Paramètres organoleptiques

a. Couleur

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

b. Odeur

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

c. Gout et saveur

Le gout n'a aucun appareil pour le mesurer. C'est un ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique communes perçues l'aliment ou la boisson. Selon les physiologistes, il existe trois saveurs principales : Salé, sucré et amer.

La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation, par certaines substances solubles (**Rodier, 2009**).

4.2. Paramètres physico-chimiques

4.2.1. Paramètres physiques

a. Température

Température de l'eau est un facteur important dans l'environnement aquatique du fait qu'elle régit la presque totalité des réactions physiques, chimiques et biologiques. Toute variation brusque de ce paramètre entraîne une perturbation de l'équilibre de l'écosystème aquatique (**Berradia et Serisserr, 2019**).

b. Potentiel Hydrogène (pH)

Le pH est la concentration d'ions hydrogène dans une solution. Dans l'eau, ce facteur est d'une importance exceptionnelle, en particulier dans les procédés de traitement.

Le pH mesure la concentration en ions H^+ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs simples dont l'origine de l'eau. Le pH doit être mesuré *In situ*, c'est un élément important pour la détermination de la qualité de l'eau (**Brasilia, 2013**).

c. Conductivité

La conductivité est la mesure de la capacité d'une eau à conduire un courant électrique. Elle varie en fonction de la température, de la concentration et la nature des substances dissoutes.

En général, les sels minéraux sont de bons conducteurs par opposition à la matière organique (**CEAEQ, 2015**).

d. Turbidité

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. Elle traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques, ...). Une turbidité forte peut permettre à des micro-organismes de se fixer sur des particules en suspension. La détermination de la turbidité est très utile dans le contrôle d'un traitement, éviter les dépôts et aussi pour l'amélioration de l'aspect esthétique de l'eau de consommation (**Rejsek, 2002**).

e. Salinité

La salinité est un facteur écologique propre aux biotopes aquatiques (mais aussi aux sols) qui caractérise leur teneur en sel (NaCl) et autres sels dissous dans les eaux. Par ailleurs, toute modification intempestive de la salinité due à l'action de l'homme peut présenter un impact redoutable sur les biotopes aquatiques concernés (**Ramade, 2011**).

4.2.2. Paramètres chimiques

a. Matières en suspension (MES)

La matière en suspension comprend toute la matière minérale ou organique insolubles dans l'eau. Elles incluent les argiles, les sables, les limons, les matières organiques et minérales de faible dimension, le plancton et autres micro-organismes vivant dans l'eau.

La quantité de matière en suspension varie notamment selon la saison, la pluviométrie, le régime d'écoulement des eaux, la nature des rejets, ...etc. Cette matière affecte la transparence de l'eau et diminue la pénétration de la lumière et par conséquent le taux de biomasse produite.

b. Matières organiques dissoutes

Dans les eaux naturelles, elles représentent plusieurs familles de composés parmi lesquelles on peut citer les acides humiques, les acides carboxyliques et les acides hydrates de carbone. Elles sont caractérisées globalement par l'oxydabilité au permanganate ou le carbone organique total. On distingue deux origines de ces matières : les matières organiques acides d'origines animales et les matières organiques basiques d'origines végétales (**Codex et Coin, 1981**). Elles constituent une source nutritive essentielle pour la prolifération bactérienne. Ces matières réagissent avec le chlore et affectent le goût et l'odeur (**JEAN J.C, 1983**).

c. Hydrocarbures

Susceptibles de polluer l'eau, ils ont pour source les rejets pétroliers, d'huiles de vidanges d'effluents de différents d'industries. Leur nuisance est l'apparition de goûts et d'odeurs pour des seuils extrêmement variables. La toxicité serait à craindre dans les eaux de boisson pour des doses supérieures aux seuils d'apparition de goûts et odeurs (**Degremont, 2005**).

d. Dureté de l'eau ou titre hydrotimétrique (TH)

La dureté a un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés. Elle correspond à la somme des concentrations en cations métalliques, excepté celles des métaux alcalins (Na^+ , K^+) et H^+ . Elle est souvent due aux ions Ca^{2+} et Mg^{2+} . La présence de ces deux cations dans l'eau tend souvent à réduire la toxicité des métaux. On distingue la dureté carbonatée ou dureté temporaire qui provient des carbonates et bicarbonates et la dureté non carbonatée ou dureté permanente qui provient des sulfates et chlorures. Une eau très dure présente des inconvénients d'utilisation, tels que la diminution des propriétés des détergents des lessives, savons et les dépôts de tartre sur les parois des canalisations d'eau. Une eau trop douce est une eau corrosive. Elle attaque les parois des canalisations d'eau et contribue à la dégradation de la qualité de l'eau à la suite de la dissolution de métaux lourds tels que le plomb (**Degremont, 2005**).

e. Titre Alcalimétrique (TA et TAC)

Le titre alcalimétrique ou TA mesure la teneur de l'eau en ions hydroxydes « OH^- » et une valence de carbonates. Le titre alcalimétrique complet ou TAC correspond à la teneur de l'eau en alcalins libres, carbonates et hydrogénocarbonates (**Berne et Cordonnier, 1991**).

f. Sels dissous (TDS)

La TDS ou minéralisation totale correspondant à la masse totale des minéraux dissous (anions et cations) et non dissous (la silice) exprimés en mg/L (**Guiraud et al., 1980**).

g. Résidu sec

Le résidu sec donne une information sur la teneur en substances dissoutes non volatiles (le taux des éléments minéraux). Suivant le domaine d'origine de l'eau cette teneur varie de moins de 100 mg/L (eaux provenant de massifs cristallins) à plus de 1000 mg/L.

4.3. Eléments majeurs

Calcium (Ca²⁺)

Le calcium est un métal alcalino- terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Il est généralement l'élément dominant des eaux potables. Sa présence en grande quantité peut être due à la dissolution du gypse. Le calcium est le composant majeur de la dureté de l'eau. Cependant, une eau chargée en sels de calcium est dite « dure » et une pauvre en cet élément est dite « douce » (**Potelon et Zysman., 1998**).

Le magnésium (Mg²⁺)

Cet élément provient de la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium (magnésite et dolomite).

Magnésite: $MgCO_3 = Mg^{2+} + CO_3^{2-}$

Dolomite: $CaMg (CO_3)_2 = Ca^{2+} + Mg^{2+} + 2CO_3^{2-}$

Le magnésium est indispensable pour la croissance, son apport journalier nécessaire à l'adulte est de 200 à 300mg. Toutefois, à partir de certaines teneurs, il donne à l'eau une amertume désagréable, selon les normes OMS relatives à la potabilité des eaux, la concentration maximale recommandée pour le magnésium est de 150 mg/L.

Chlorures (Cl⁻)

Les chlorures existent dans toutes les eaux à des concentrations variables ils peuvent avoir plusieurs origines :

- Percolation à travers des terrains salés.
- Infiltration d'eaux marines dans les nappes phréatiques.
- Activités humaines et industrielles

Les normes algériennes préconisent pour les chlorures une concentration maximale acceptable de 200mg/L et une concentration maximale admissible de 500mg/L une présence excessive des chlorures dans l'eau d'alimentation, la rend corrosive pour les réseaux de distribution et nocive pour les plantes. Une forte fluctuation des chlorures dans le temps peut être considérée comme indice de pollution (**Berne, 1972**).

Bicarbonates (HCO_3^-)

L'ion bicarbonate est le principal constituant alcalin de la plupart des eaux courantes. Sa présence dans l'eau est due à l'action des bactéries qui fournissent du CO_2 à partir des minéraux contenant des carbonates (**Rodier., 2005**).

Sulfates (SO_4^{2-})

Ces ions proviennent essentiellement des engrais agricoles et de la minéralisation de l'azote organique abandonné par les êtres vivants. Des concentrations supérieures à 100 mg/L favorisent la corrosion des métaux.

Sodium (Na^+)

Le sodium est un élément constant de l'eau, toutefois, les concentrations peuvent être extrêmement variables allant de quelques dizaines de milligrammes à 500 mg/L et même au-delà. Indépendamment de la lixiviation des formations géologiques contenant du chlorure de sodium, le sel peut provenir :

- De l'altération des minéraux silicatés, échanges de cations avec les minéraux argileux ou des substances organiques ;
- Des retombées d'origine marine, de la venue d'eaux salées dans les nappes aquifères ;
- Des rejets des eaux usées, ainsi que l'épandage des engrais chimiques qui augmentent aussi les concentrations en sodium.

Fer

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

Potassium (K^+)

Le potassium règle la teneur en eau à l'intérieur des cellules (**Mercier., 2000**). C'est un métal alcalin, étroitement rattaché au sodium à tel point, qu'il est rarement analysé comme un

constituant à part dans les analyses de l'eau. Sa présence est moins répandue dans la nature **(Kemmer., 1984)**.

Phosphate (PO_4^{3-})

Les phosphates sont généralement responsables de l'accélération du phénomène eutrophisation des lacs et des rivières. S'ils dépassent les normes, Ceux-ci sont considérer comme indice de contamination fécale **(Rodier., 2005)**.

Ammonium (NH_4^+)

Dans l'eau, l'azote se trouve sous deux formes : ammoniac (NH_3^+) et ammonium (NH_4^+). La présence de l'ammonium dans les eaux résulte le plus souvent de la décomposition des matières organiques. Il est utilisé comme indicateur de pollution **(Gaujourn., 1995)**.

Nitrites (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 le nitrate, ils proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une bactérie dénitrifiant. Leur présence dans l'eau est généralement rare et en faible quantités **(Potelon et Zysman, 1998 ; Rejsek, 2002)**.

Nitrates (NO_3^-)

Les nitrates constituent le stade final d'oxydation de l'azote organique, ils sont solubles dans l'eau, se trouve naturellement en faible concentration dans les eaux souterraines et superficielles. Le nitrate présent dans le sol à diverses origines ; telles que les déjections animales ou humaines stockées, ou les apports d'amendement organique. Mais, ce sont surtout les engrais et les rejets d'eau usées qui donne nombre des doses importantes **(Potelon et Zysman, 1998 ; Gros claude., 1999)**.

5. Paramètres bactériologiques

L'analyse bactériologique de l'eau a pour but de mettre en évidence la présence des bactéries qui modifient l'aptitude d'une eau à une utilisation donnée, ces micro-organismes possèdent plusieurs caractéristiques telles que : la provenance exclusive des matières fécales des animaux à

sang chaud, la résistance aux antiseptiques voisins de ceux des bactéries pathogènes. Leur non-prolifération anarchique dans la nature. On distingue :

- **Germes totaux**

La numération des germes aérobies mésophiles ou germes totaux, vise à estimer la densité de la population bactérienne générale dans l'eau potable. Elle permet ainsi une appréciation globale de la salubrité générale d'une eau, sans toutefois déterminer les sources de contamination (Levallois, 2003). D'une manière générale, ce dénombrement est utilisé comme indicateur de pollution et également comme indicateur d'efficacité de traitement, en particulier des traitements physiques comme la filtration par le sol, qui devrait entraîner soit une très forte diminution de la concentration bactérienne, soit même une absence de bactéries (CEAEQ, 2000 ; El Haissoufi *et al.*, 2011).

- **Coliformes totaux**

Les coliformes totaux sont utilisés depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale. Les coliformes totaux sont définis comme étant des bactéries en forme de bâtonnet, aérobies ou anaérobies facultatives, possédant l'enzyme – galactosidase permettant l'hydrolyse du lactose à 35°C (Archibald, 2000 ; Edberg *et al.*, 2000).

Les principaux germes inclus dans le groupe sont : *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Klebsiella* et *Serratia* (CEAEQ, 2000). La presque totalité des espèces sont non pathogènes et ne représentent pas de risque direct pour la santé (Edberg *et al.*, 2000 ; OMS, 2000), à l'exception de certaines souches d'*Escherichia coli*.

- **Coliformes fécaux**

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermotolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux ont la capacité de fermenter le lactose à une température de 44, 5°C. L'espèce la plus habituellement associée à ce groupe bactérien est l'*Escherichia coli* (*E. coli*) (Elmund *et al.*, 1999; Edberg *et al.*, 2000).

Escherichia coli (*E. coli*) est considérée en fait comme le meilleur indicateur de contamination fécale de l'eau (Edberg *et al.*, 2000). Sa détection dans une eau doit être considérée comme reflétant la présence possible des germes pathogènes d'origine entérique.

- **Streptocoques fécaux**

Les entérocoques font partie d'un groupe de bactéries naturellement présentes dans la flore intestinale des animaux et des humains ; certains streptocoques fécaux sont très apparentés aux entérocoques et sont encore utilisés à titre d'indicateurs de contamination fécale (**Gleeson et Gray, 1997**). Ce sont plutôt des microorganismes pathogènes opportunistes infectant des personnes à risque comme les immunodéprimées (Edmond et al., 1995 ; Madani et al., 1999). Ils se retrouvent habituellement dans les eaux souterraines à la suite d'une pollution d'origine fécale (**Gleeson et Gray, 1997 ; Edberg et al., 2000**).

- ***Clostridium* sulfito-réducteurs**

Les *Clostridium* sulfito-réducteurs sont des bactéries commensales de l'intestin ou saprophytes du sol, elles sont souvent considérées comme des témoins de contamination fécale ancienne ou intermittente.

Ce sont des bacilles Gram positifs, anaérobies stricts, isolées ou en chaînettes, mobiles, catalase positive, réduisent le sulfite de sodium en sulfure. La forme sporulée des *Clostridium* sulfito-réducteurs est beaucoup plus résistante que les formes végétatives.

- ***Salmonella***

Les *Salmonelles* appartiennent à la famille des *Entérobacteriaceae*, bacille à Gram négatif, anaérobie facultatif, habituellement mobiles grâce à une ciliature péritriche, mais des mutants immobiles peuvent exister.

Elles sont responsables, après pénétration par voie orale, de nombreuses infections (salmonelloses), notamment des fièvres typhoïde et paratyphoïdes, des gastro-entérites et des toxi-infections alimentaires collectives (maladies à déclaration obligatoire).

6. Les maladies à transmission hydriques

Les maladies à transmission hydrique constituent un groupe de maladies à allure épidémique, dont la symptomatologie est le plus souvent digestive (diarrhées, vomissements...), et dont la nature et la propagation sont liées à divers facteurs, comme la mauvaise qualité de l'eau, le manque d'hygiène et la pauvreté. Ces maladies :

- **Choléra**

Le choléra est une infection intestinale sévère caractérisé par une diarrhée aigue peuvent aboutir à une déshydratation mortelle en quelques jours. Le choléra est l'une des trois maladies à déclaration obligatoire selon le règlement sanitaire internationale édité par l'Organisation Mondial de la Santé.

L'agent pathogène de Choléra est un bacille Gram⁻ : *Vibrio cholerae*. Il s'agit d'une bactérie appartenant à la famille des Vibrionaceae et au genre du cholerae. La transmission de ce germe est donc hydrique ou inter-humaine: eaux polluées, produits marins contaminés, fruits et légumes irrigués, mains sales (toilette et transport des cadavres, repas).

Le syndrome « cholérique » est caractérisé par l'apparition brutale d'une diarrhée aqueuse, eau de riz, d'odeur fade, sans glaire ni sang, avec des vomissements abondants, entraînant une déshydratation rapide et sévère réalisant la triade « diarrhée aqueuse, vomissements, déshydratation ». Le nombre d'émission est de l'ordre de 10 à plus de 50 par jour (4 à 20 litres de liquides) (**Piar Roux, 2002 ; Aubry, 2013**).

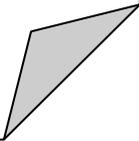
- **Fièvre typhoïde et para typhoïde**

Les fièvres typhoïdes et paratyphoïdes sont provoquées par quatre sérovars de *Salmonella*, strictement humains, antigéniquement distincts mais de pouvoir pathogène similaire : *S. typhi*, *S. paratyphi A*, *S. paratyphi B* et *S. paratyphi C*. Ces salmonella sont dites majeures en raison de la gravité de la pathologie qu'elles provoquent. Environ 12 millions de personnes sont infectées par la typhoïde chaque année (**OMS, 2000**).

- **Dysenterie**

Est une maladie qui entraîne une diarrhée douloureuse et sanglante accompagnée de coliques, nausées et de vomissements, il existe la dysenterie bacillaire ou shigellose causée par la bactérie (*shigella dysenteriae*), la dysenterie amibienne ou amibiase causée par (les amibes). Seule la shigellose peut entraîner la mort, les taux de mortalité peuvent atteindre 20%.

Chapitre II
Matériel
Et Méthodes



1. Présentation de la zone d'étude

La wilaya de Guelma s'étend sur une superficie de 3.686,84 km². Elle se situe au Nord-est du pays et constitue, du point de vue géographique, un point de rencontre, voire un carrefour entre les pôles industriels du Nord (Annaba et Skikda) et les centres d'échanges au Sud (Oum El Bouaghi et Tébessa). Elle occupe une position médiane entre le Nord du pays, les Hauts plateaux et le Sud [2].

Elle est limitée par

- Annaba, au Nord,
- El Taref, au Nord-est,
- Souk Ahras, à l'Est,
- Oum El-Bouaghi, au Sud,
- Constantine, à l'Ouest,
- Skikda, au Nord-ouest [2].

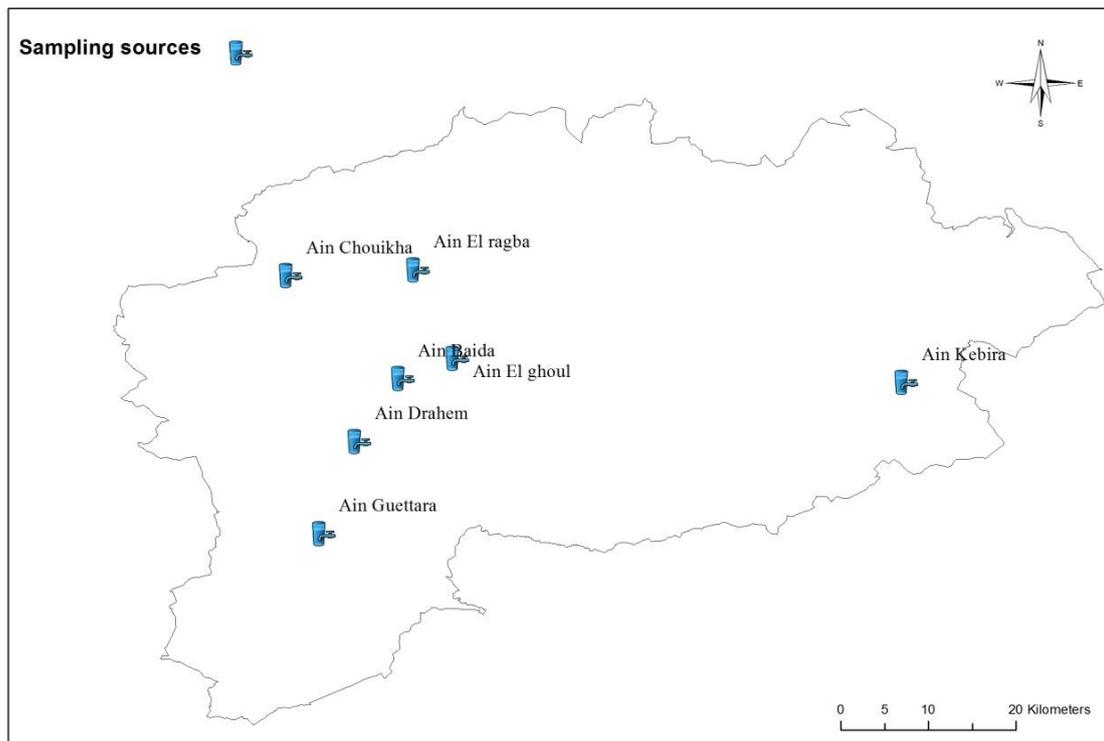


Figure 2 : Situation géographique des 7 sources étudiées.

2. Méthode de travail

Notre travail consiste essentiellement avoir l'impact des activités humaines ainsi que l'influence de la nature lithologique sur la composition chimique des eaux de sources.

- Deux types d'analyses ont été réalisés, l'une physico-chimique et l'autre bactériologique, l'ensemble de ces analyses a été effectué dans le laboratoire de la station de traitement des eaux à Hammam Debagh (Guelma).

3. Echantillonnage

3.1. Choix des sites de prélèvements

7 sources d'eau situées dans diverses communes de la Wilaya de Guelma (tab.3).

Tableau 3 : Position géographique des sources échantillonnées.

Les sources	Altitude	Agglomération	Cordonnées GPS
Ain El Ghoul	332 m	Houari Boumediene	36°24'20.30''N 7°17'32.89''E
Ain Baida	710 m	Sellaoua Announa	36°23'05,05 ''N 7°14'10,77''E
Ain El Ragba	511 m	Hammam Debagh	36°29'51.09''N 7°15'08.24''E
Ain kebira	556 m	Oued Cheham	36°22'51.07''N 7°45'14.85''E
Ain Drahem	691 m	Oued Zenati	36°19'08.64''N 7°11'28.43''E
Ain Chouikha	779 m	Bouhamdene	36°29'28.55''N 7°07'16.00''E
Ain Guettara	335 m	Ain Makhoulouf	36°13'23.69''N 7°09'10.10''E

Ont fait l'objet de notre étude (fig.3). Ces sources sont toutes situées sur les principaux axes routiers et dans des agglomérations ils sont donc à usage quotidien d'où la nécessité d'un suivi rigoureux de leur qualité physico-chimique et bactériologique.

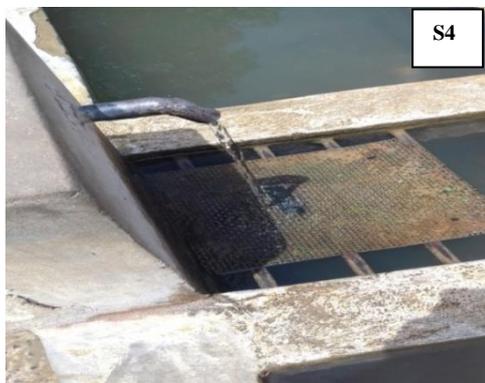


Figure 3 : Photos des sources étudiées.

3.2. Mode de Prélèvement

3.2.1. Prélèvement destiné à l'analyse physico-chimique

- L'échantillonnage destiné à l'analyse physico-chimique ne pose pas de problèmes particuliers.
- Des flacons plastiques sont suffisants un volume de capacité de 1L peut suffire.
- Il est préférable d'effectuer le dosage des éléments chimiques le plus tôt possible, certains éléments tels les nitrates peuvent subir des modifications.
- L'eau de source jaillissante doit être prélevée le plus près possibles de l'émergence de l'eau à un endroit où l'eau n'a pas encore coulé de manière turbulente.
- A chaque prélèvement, les flacons sont rincés d'abord avec l'eau à analyser puis ils sont remplis jusqu'au bord, ré bouchonnés, étiquetés et conservés immédiatement dans une glacière à 4°C.

3.2.2. Prélèvement destiné à l'analyse bactériologique

Les prélèvements destinés à l'analyse bactériologique nécessitent de nombreuses précautions de façon à ne pas contaminer l'échantillon lors de sa prise. Il faut utiliser des flacons en verre pyrex munis stérile d'un large col et d'un bouchon à vis métallique.

L'eau par la suite recueillie directement dans les flacons stériles. Suivant le calendrier présenté par le tableau 4.

Tableau 4 : Périodes de prélèvement.

N°	Nom de source	Période de prélèvement
1	Ain El Ghoul	28/03/2021
2	Ain Baida	31/03/2021
3	Ain El Ragba	05/04/2021
4	Ain Kebira	11/04/2021
5	Ain Drahem	13/04/2021
6	Ain Chouikha	18/04/2021
7	Ain Guettara	27/04/2021

4. Analyse physico-chimique

La mesure de pH, température, conductivité, TDS et salinité a été effectuée *In situ* à l'aide d'un multi paramètre de type WTW LF197. La lecture est faite après stabilisation de la valeur sur l'afficheur de l'appareille (fig.4).



Figure 4 : Multi paramètres de type WTW LF197.

La mesure de la turbidité a été effectuée avec un turbidimètre de type HACH TL2300. La lecture se fait après affichées sur l'écran de l'appareille (fig.5).



Figure 5 : Turbidimètre.

4.1. Dosage de la dureté totale (titre hydrométrique TH)

Principe

Les alcalino-terreux présents dans l'eau sont amènes à former un complexe du type chélate par le sel disodique de l'acide éthylène-diaminetetracétique à pH=10.

La disparition des dernières traces d'éléments libres a dosé est décelée par le virage d'un indicateur spécifique, en milieu convenablement tamponné pour empêcher la précipitation du magnésium, la méthode permet de dose la somme des ions calcium et magnésium.

Mode opératoire

- Prélever 100ml d'eau à analyser. Ajouter 2ml de solution tampon (pH=9.5-10) et quelques grains d'indicateur colore.
- Verser la solution d'EDTA jusqu'au virage du rouge vieux au bleu.
- Soit v le volume de solution d'EDTA verse.

Expression des résultats

$$TH^{\circ}f = V_{\text{titre}} \times 10$$

4.2. Détermination des matières oxydables en milieu acide (MO)**Principe**

L'opération consiste à mesurer, en milieu acide et en milieu alcalin, la quantité d'oxygène utilisée pour la réduction du permanganate de potassium par les matières organiques d'origine animale ou végétale contenues dans une eau.

Mode opératoire

- Introduire dans un erlenmeyer de 500ml, 100ml d'eau à analyser et 10ml d'acide sulfurique à 50%.
- Ajouter 10 ml de solution de permanganate de potassium.
- Porter l'échantillon à ébullition en formation au fond du ballon vienne crever la surface du liquide.
- Ajouter ensuite 10 ml d'acide oxalique pour décolorer.
- Rajouter de permanganate de potassium goutte à goutte, jusqu'à apparition d'une teinte rose persistante.

Expression des résultats

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

$$MO \text{ mg/L} = \text{le nombre de ml de KMnO}_4$$

4.3. Détermination des matières en suspension (MES)

Principe

Ce paramètre est déterminé par pesée différentielle.

Mode opératoire

- Mettre les membranes filtrantes dans une étuve à 105°C pendant 20 min.
- Laisser refroidir dans le dessiccateur.
- Ensuite les peser soit p_1 : poids des membranes avant filtration.
- Placer les membranes dans la rampe à filtration et faire passer 200 ml d'eau à analyser à travers.
- Sécher pendant 20min.
- Faire une 2^{ème} pesée du filtre soit p_2 : poids des membranes après filtration.

Expression des résultats

$$\text{MES (mg/L)} = \frac{p_2 - p_1}{V \text{ filtré en (L)}}$$

V : volume de l'eau filtré en (L).

4.4. Dosage des ions calcium (ISO 6058)

Principe

Le principe est identique à celui de la méthode complexométrique décrite pour la dureté totale. Comme le dosage se fait à un pH élevé, le magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde. Et n'intervient pas. Par ailleurs, l'indicateur choisi ne se combine qu'avec le calcium.

Mode opératoire

- Introduit 50 ml de l'eau à analyser dans un erlenmeyer au col large.
- Ajouter 2 ml de la solution d'hydroxyde et quelques graines d'indicateur coloré.
- Verser la solution d'EDTA jusqu'au virage du rose au violet.

Expression des résultats

La détermination de la teneur en calcium est donnée par la Formule suivante :

$$\text{Ca}^{2+}(\text{mg/L}) = \frac{V_1 \times C_{\text{EDTA}} \times F \times M_{\text{Ca}^{2+}}}{\text{P.E}} \times 1000$$

D'où :

V₁ : Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.

C : Concentration molaire d'EDTA (0,01 M/l).

M_{Ca²⁺} : Masse molaire du calcium en g.

P.E : Prise d'essai.

F : Facteur de dilution.

4.5. Dosage des ions magnésium (ISO 6058)

Principe

Le titrage molaire des ions calcium et magnésium avec une solution de sel disodique de l'acide et de éthylènediaminetétraacétique(EDTA) à pH10. Le noir ériochrome T, donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions calcium et magnésium, est utilisé comme indicateur.

Mode opératoire

- Introduire 50 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer au col large.
- Ajouter 2 ml de la solution de NH₄OH.
- Une pincée de noir ériochrome T.
- Verser de l'EDTA jusqu'au virage de la couleur bleu V₂.

Expression des résultats

La détermination de Magnésium (mg/L) est donnée par la formule suivante :

$$(Mg^{2+})_{mg/L} = \frac{V_2 - V_1 \times C_{EDTA} \times F \times M(Mg^{2+})}{P.E}$$

D'où :

V_2 : Volume titré du calcium et du magnésium.

V_1 : Volume titré de calcium.

C : Concentration molaire d'EDTA (0,01 M/l).

$M_{Mg^{2+}}$: Masse molaire du magnésium en g.

$P.E$: volume de l'échantillon.

F : Facteur de dilution.

4.6. Dosage des ions chlorure

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.

Mode opératoire

- Introduire 25 ml de l'eau à analyser, dans un erlenmeyer.
- Ajouter 2 à 3 gouttes de la solution de chromate de potassium à 10%.
- Verser la solution du nitrate d'argent jusqu'à apparition d'une teinte rougeâtre, qui doit persister 1 à 3min.

Expression des résultats

$$\text{Teneur des chlorures (mg/L)} = V_{AgNO_3} \times 142$$

4.7. Dosage des sulfates

Les ions sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique à l'état de sulfate de baryum. Après l'étalonnage de spectrophotomètre, le dosage se réaliser 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, agitée pendant 1 min.
- Lecture spectrophotométrique à $\lambda=420$ nm.

Expression des résultats

La concentration de sulfate est déterminée à partir d'une courbe d'étalonnage.

4.8. Dosage de l'ammonium (ISO 7150/1-1984 (F))

Principe

Un composé bleu est formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et l'hypochlorite en présence de nitropentacyanoferrate (III) de sodium.

Mode opératoire

- Prendre 40 ml d'échantillon.
- Ajouter 4 ml (réactif I), puis ajouter 4 ml de la solution de réactif (III).
- Compléter jusqu'à 50 ml.
- Attendre 1h30 min.
- L'apparition de la couleur verte indique la présence de l'ammonium.
- La lecture spectrophotométrique à 655 nm.

Expression des résultats

La concentration est directement affichée par la spectrophotométrie.

4.9. Dosage des nitrites (ISO 5667)

Principe

Les ions nitrites réagissent en milieu acide ($\text{pH}=1,9$) avec la sulfamilade en formant sel de di-azonium (diazotation) qui forme avec le N-(1-naphtyl) - éthylènediamine-dichlorohydraté un colorant azoïque rouge.

Mode opératoire

- Prendre 50 ml d'eau à analyser
- Ajouter 1 ml du réactif mixte.
- Attendre 10 min.

- L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO_2^- .
- Effectuer la lecture à 543 nm.

Expression des résultats

La concentration des nitrites en mg/L est déterminée à partir d'une courbe d'étalonnage.

4.10. Dosage des nitrates

Principe

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosionate de sodium coloré en jaune, susceptible d'un dosage colorimétrique.

Mode opératoire

- Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser
- Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30 %.
- Ajouter 1 ml de salicylate de sodium.
- Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75 - 88°C, laisser refroidir.
- Reprendre le résidu avec 2 ml d' H_2SO_4 , laisser reposer 10 min.
- Ajouter 15 ml d'eau distillée.
- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium

Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/L à une longueur d'onde de 415 nm.

4.11. Dosage des phosphates (ISO 6878)

Principe

Après formation en milieu acide d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium, aura une réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption (l'une vers 700 nm, l'autre plus importante à 880 nm).

Mode opératoire

- Prendre 40 ml d'eau à analyser
- Ajouter 1 ml d'acide ascorbique

- Ajouter 2 ml du réactif-mélange, attendre 10 min.
- Mesure de l'absorbance à 880 nm.

Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/L.

4.12. Détermination du fer (ISO 6332)

Principe

Le complexe fer (II) – phénanthroline –1,10 est stable dans l'intervalle de pH de 2,5 à 9, l'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de fer (II) présent. La relation entre la concentration et l'absorbance est linéaire jusqu'à une concentration de 5 mg de fer par litre. Le maximum d'absorbance se situe à environ 510 nm.

Mode opératoire

- Mettre 50 ml d'eau à analyser dans un erlenmayer.
- Ajouter à la solution phénanthroline 1ml de la solution de chlorhydrate d'hydroxylamine et mélanger soigneusement.
- Ajouter 2ml du tampon d'acétate pour obtenir un pH de 4,5.
- Ajouter 2ml de la solution de phénanthroline et conserver pendant 15 min à l'obscurité.
- Complète à 50ml puis conserver les à l'obscurité pendant 15 min.
- Mesurer l'absorbance à 510 nm.

Expression des résultats

Le résultat est donné en mg/L à partir d'une courbe d'étalonnage.

5. Analyse bactériologique

L'analyse bactériologique a pour but de mettre en évidence la présence des germes, basés sur la recherche et la numération de celles-ci dans les échantillons à analyser. L'analyse n'est pas seulement qualitative mais aussi quantitative.

Il faut signaler qu'un examen bactériologique ne peut être interpréter que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé dans un récipient stérile, selon un mode opératoire précis évitant toutes les contaminations accidentelles. (Leyral *et al.*, 2002).

Une analyse complète de l'eau brute a été effectuée en se basant sur les paramètres suivants :

- Recherche et dénombrement des germes totaux.
- Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux.
- Recherche et dénombrement des *clostridium* sulfuto-réducteurs (ASR).
- Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux.

Méthode choisie

La méthode est dite indirecte il s'agit d'un dénombrement après culture sur un milieu solide. Pour le dénombrement des coliformes et les streptocoques fécaux la technique de filtration sur membrane a été utilisée.

Le principe de la culture sur un milieu solide est que chaque bactérie donne naissance après incubation à une colonie repérable macroscopiquement. L'unité est alors s'exprime en UFC/volume c'est-à-dire unité formant colonie par unité de volume.

- **La technique de filtration sur membrane (ISO7899-2 et NF T 90-416)**

Est une méthode utilisée dans le but de concentrer les microorganismes présents dans 100 ml de volume à travers une membrane poreuse de diamètre 0,45µm de diamètre. Les bactéries piégées à la surface de cette membrane sont mises en culture sur un milieu gélosé donné et pendant une durée précise. Après incubation, comme dans le cas de la numération en milieu gélosé, on compte les colonies formées à la surface du filtre (fig.6).



Figure 6 : Rampe de filtration.

Le principe

Avec la pince stérile, une membrane est saisie par son bord extérieur puis déposée sur la face poreuse de l'appareil 100 ml d'eau à analyser est versée dans l'entonnoir réservoir et sous l'action du vide s'écoule lentement.

Dès qu'elle paraît sèche, la membrane est saisie par son extrême bord puis placée sur le milieu de culture choisi. Cette méthode est analogue pour la recherche des Streptocoques fécaux et des coliformes thermotolérants, seuls les milieux de culture qui diffèrent.

5.1. Recherche de germes totaux (ISO 6222)

Ce sont des germes spécifiques de l'eau qui se développent dans des conditions aérobies à 37°C, leur présence est considérée comme indicateur de pollution bactérienne (Claire, 2011). Cette méthode consiste à rechercher et dénombrer les micro-organismes pouvant exister dans les eaux des sources destinés à la consommation humaine.

Mode opératoire

- A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement 1 ml dans une boîte de Pétri vide, numérotée et préparée à cet usage comme l'indique la figure (7).
- Compléter ensuite avec environ 15 ml de gélose TGEA fondue puis refroidie à 45°C.
- Faire ensuite des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose.
- Laisser solidifier la boîte, puis rajouter une deuxième couche d'environ 5 ml de la même gélose.
- Incubation à 37°C pendant 72 h.

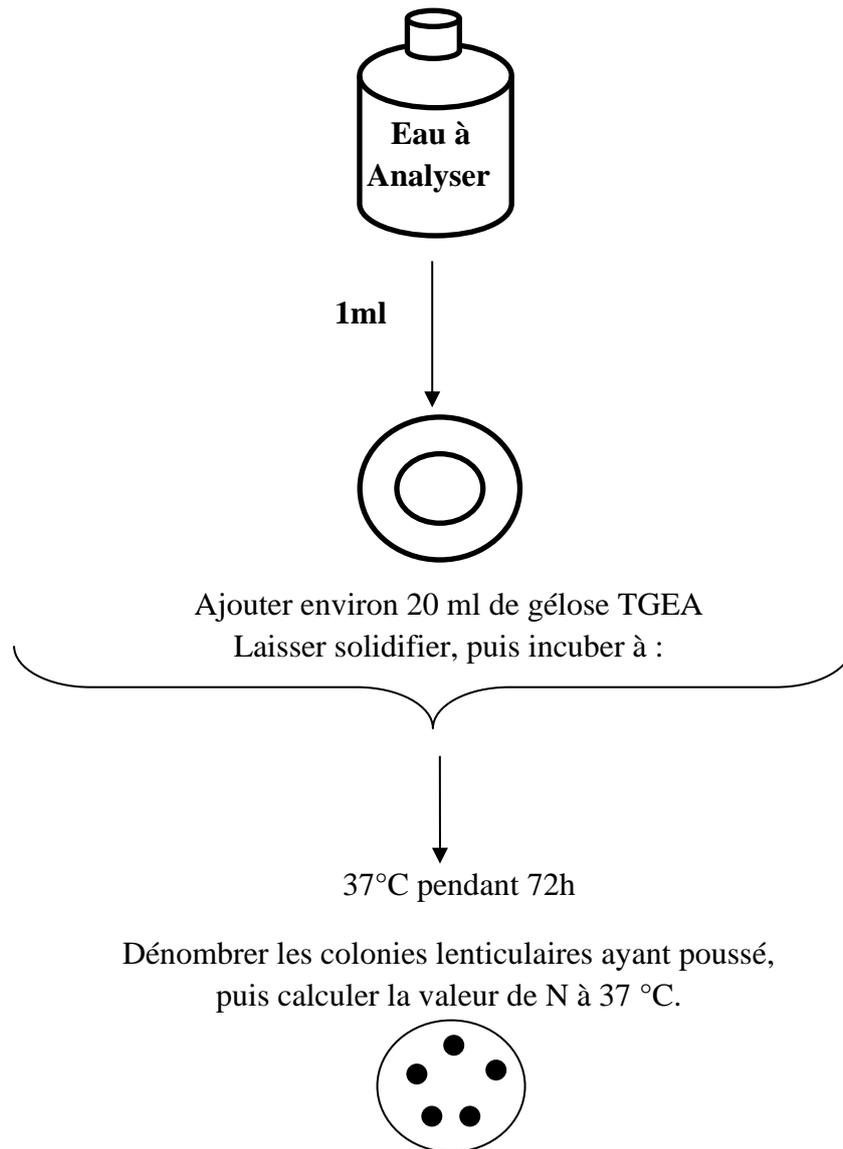


Figure 7 : Recherche et dénombrement des Micro-organismes revivifiables à 37 °C.

Lecture et interprétation

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

Retenir la boîte contenant 15 à 300 colonies, calculer le nombre de micro-organisme selon équation suivante :

$$N = \frac{\Sigma c}{d}$$

Où :

Σc : est la somme des colonies dénombrées.

d : la dilution à partir du quelle le comptage est obtenue.

5.2. Recherche et dénombrement des coliformes (ISO 9308)

Au sens de cette méthode, on entend par coliformes des bacilles à Gram négatifs, aéro-anaérobies facultatifs, non sporulés, ne possédant pas d'oxydase, capables de se multiplier en présence de sels biliaires et capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 24 à 48 h à une température de 37°C.

Cette méthode de référence consiste à la recherche et le dénombrement des coliformes totaux et des coliformes thermotolérants éventuellement présents dans les eaux des sources destinées à la consommation humaine, par comptage des colonies obtenues en milieu solide après 24 à 48h d'incubation en aérobiose à 37°C puis à 44°C pour les coliformes totaux et thermotolérants respectivement.

Mode opératoire

La recherche de cette flore se fait après filtration sur membrane selon les étapes suivantes :

- Déposer à spécifiquement une membrane de porosité nominale de 0,45 μ m sur le dispositif de filtration.
- Verser un volume d'eau à analyser (100 ml).
- Déposer les membranes sur la boîte de Pétri contenant le milieu tergitol.
- Après incubation spécifiée, dénombrer les colonies caractéristiques qui se présentent sous forme de petites colonies lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentés en jaune orangé ou en jaune (lactose positives).

Test confirmatif

- Transférer 5 à 10 colonies caractéristiques de couleur jaune dans un tube contenant le milieu Schubert, après incubation à 44°C pendant 24h, recherché la production d'indole en ajoutant 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs.

-L'apparition d'un anneau rouge eu surface traduit la production d'indole (fig.8).

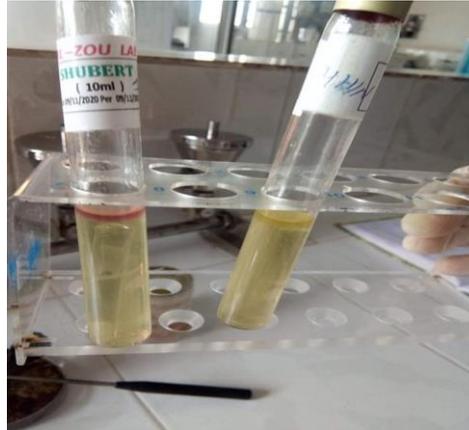


Figure 8 : Test confirmatif de la présence des coliformes fécaux (prise personnel)

- Est considérée comme bactérie coliforme, toute colonie caractéristique (jaune), dépourvue de l'enzyme oxydase et non productrice d'indole.
- Est considéré comme bactérie *Escherichia coli*, toute colonie caractéristique (rouge), dépourvue de l'enzyme oxydase, mais productrice d'indole à 44°C.

Le résultat est exprimé selon l'équation suivante :

$$a = \frac{b}{A} C$$

Où :

a : Le nombre de coliformes lactose positives.

b : nombre de colonies caractéristiques présumées dans la boîte.

A : nombre de colonies repiquées.

C : nombre total de colonies trouvées dans la boîte.

La recherche des coliformes totaux et thermotolérants est présentée par la figure (9).

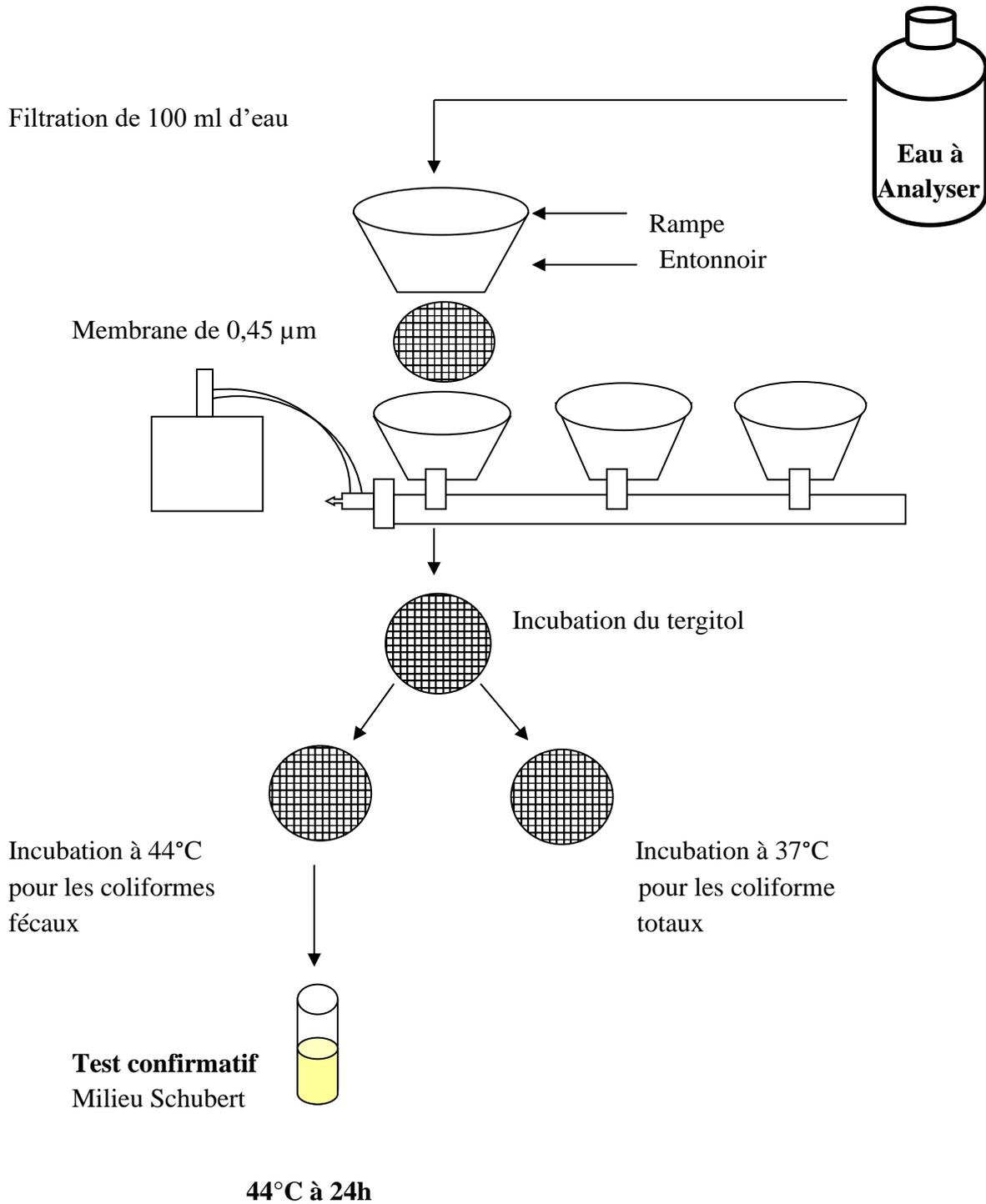


Figure 9 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux et thermotolérants.

5.3. Recherche et dénombrement des Spores de bactéries anaérobies sulfito-réducteurs (T 90-415)

Cette méthode consiste à rechercher et dénombrer les spores de bactéries anaérobies sulfito-réducteurs dans les eaux destinées à la consommation humaine, par incorporation en gélose en tubes profonds.

Au sens de cette méthode, on entend par bactéries anaérobies sulfito-réducteurs des bactéries qui se présentent sous forme de bacilles à Gram positif, qui se développent sur gélose Viande Foie, donnant des colonies caractéristiques de couleur blanche entourées d'une auréole noire. Ce dernier est le témoin de la réduction du sulfite de sodium (Na_2SO_3) qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de Fe^{2+} qui donne FeS (sulfure de fer) de couleur noire.

La présence de spores de bactéries ASR dans les eaux, sans flore d'accompagnement, constitue généralement un véritable indice de contamination ancienne.

Mode opératoire

A partir de l'eau à analyser :

- Transférer environ 20 ml dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de 80°C pendant 15 min, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des bactéries anaérobies sulfito-réducteurs éventuellement présentes.
- Refroidir immédiatement le tube destiné à l'analyse, sous l'eau de robinet.
- Répartir ensuite le contenu du tube, dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5 ml par tube.
- Ajouter environ 18 à 20 ml de gélose Viande Foie, fondue puis refroidie à 48°C , additionnée de leurs additifs spécifiques (alun de fer 6 gouttes et sulfites de sodium 20 gouttes).
- Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant d'introduire des bulles d'air.
- Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 min environ, puis incuber à 48°C , pendant 24 à 48h (fig.10).

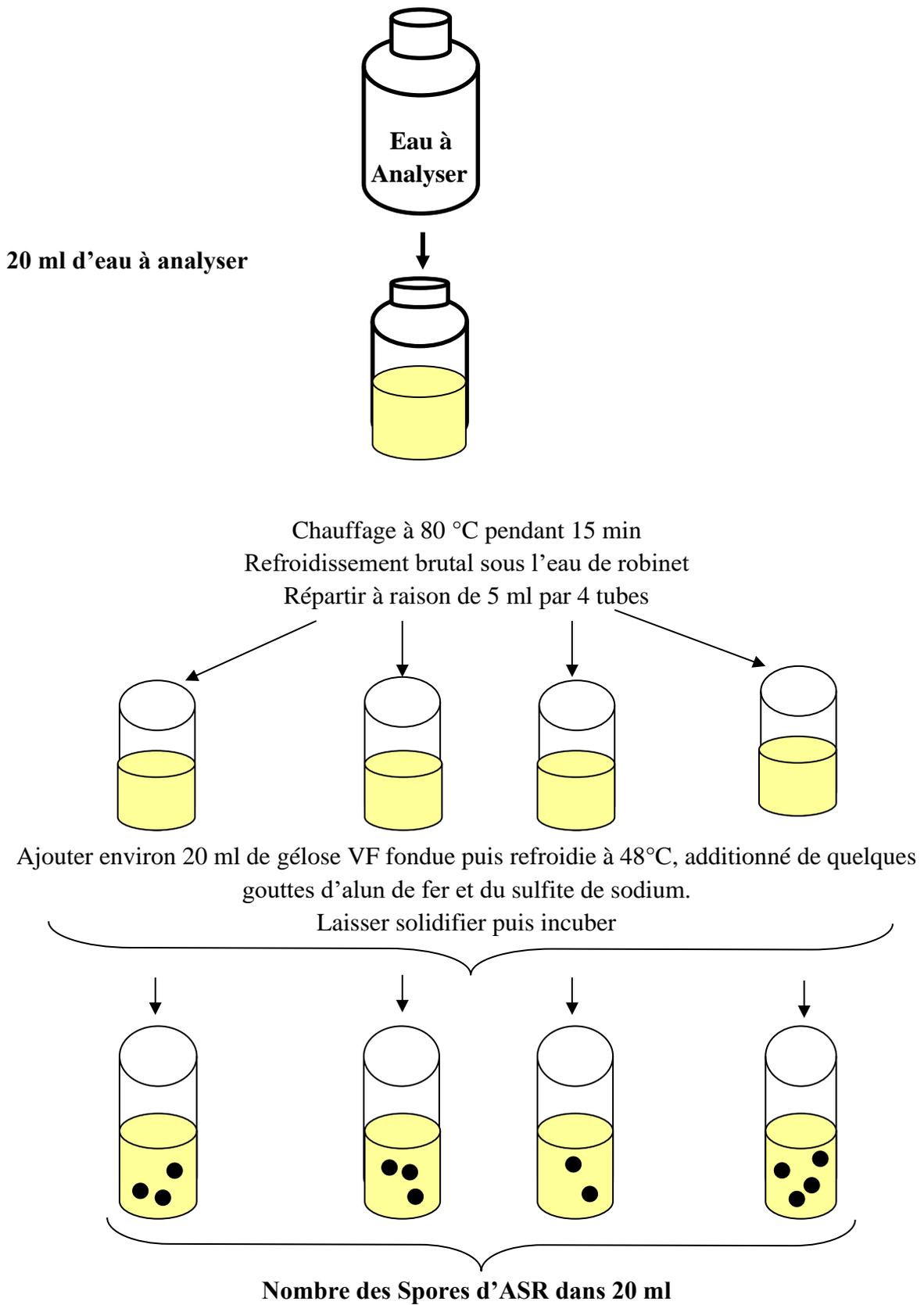


Figure 10 : Recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfito-réducteurs.

Lecture et interprétation

Après une incubation de 48h, dénombrer toute colonie noire de 0,5 mm de diamètre, ayant poussé en masse et rapporter le nombre total des colonies dans les quatre tubes à 20 ml d'eau à analyser.

5.4. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux (ISO 7899-2 et NF T 90-416)

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

Mode opératoire

- La recherche de ces germes se fait après filtration.
- Mettre en place de façon aseptique une membrane de 0,22 µm entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile.
- Fixer ce dernier avec la pince correspondant. Remplir de façon aseptique l'entonnoir avec 100 ml d'eau à analyser.
- Actionner la pompe à vide pour permettre le passage de l'eau à travers la membrane.
- Retirer l'entonnoir et transférer la membrane à l'aide de la même pince stérile et placer dans une boîte contenant de la gélose Slanetz et Bartley.
- Incuber à 37°C, pendant 48 h.

Lecture et interprétation des résultats

Après 48h d'incubation, les streptocoques fécaux apparaissent sous forme de petites colonies rouges, marronnes ou roses, lisses, légèrement bombées.

Test de confirmation

- Transférer quelques colonies sur milieu BEA.
- Incuber à 44°C pendant 2h.
- Considérées comme positives, toutes colonies de couleur verte à noir (fig.11).

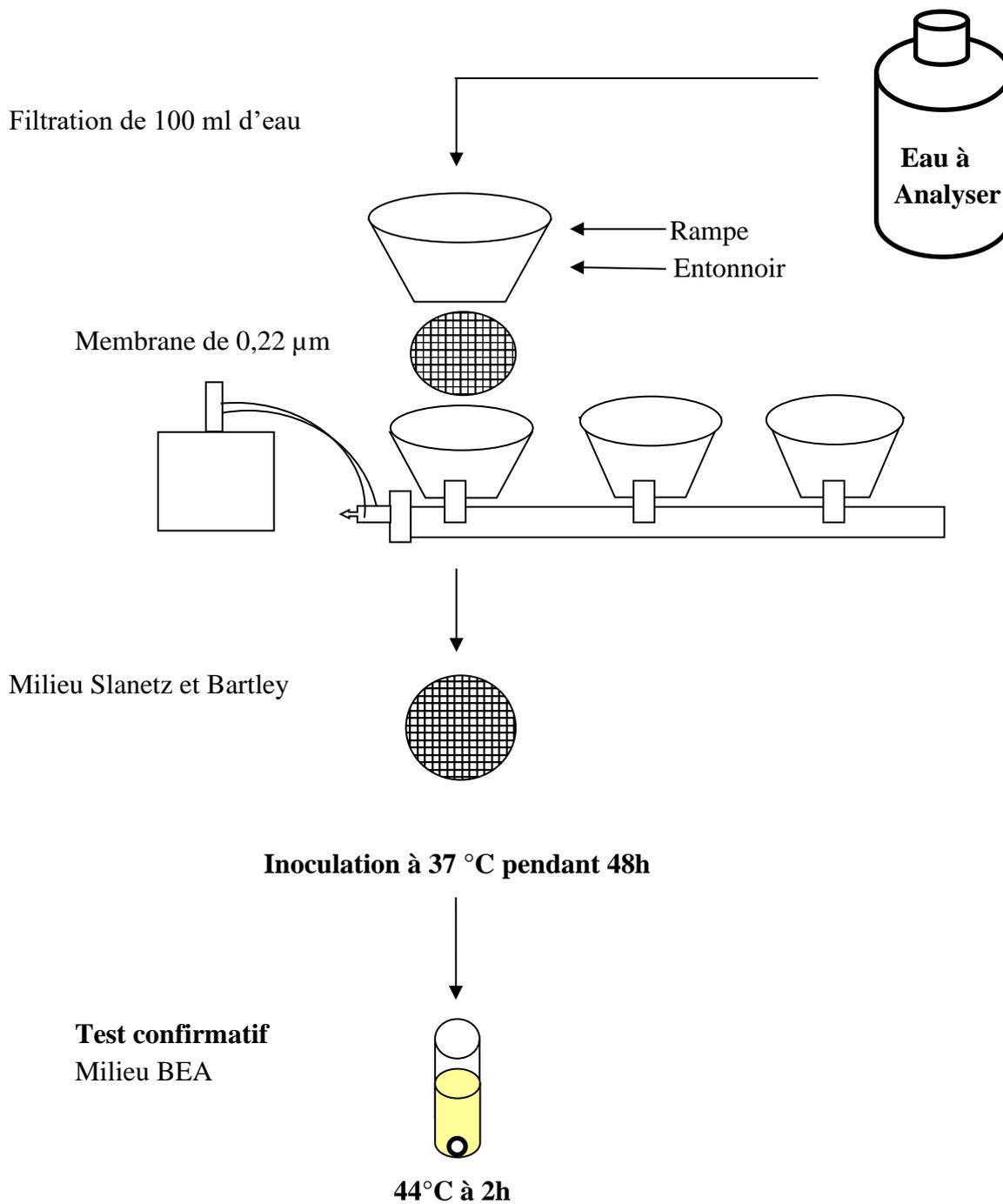
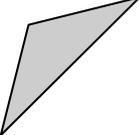


Figure 11 : Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux.

Chapitre III

Résultats et

Discussion



1. Paramètres physico-chimiques

1.1. Température (°C)

La température de l'eau dépend des échanges thermiques avec l'air ambiant et du rayonnement solaire. La température influence des paramètres comme (l'oxygénation, la conductivité, la solubilité de différentes substances...). Elle joue un rôle important dans l'augmentation de l'activité chimique des bactéries et dans l'évaporation des eaux. Elle varie en fonction de la température extérieure (l'air), des saisons, de la nature géologique et de la profondeur du niveau d'eau par rapport à la surface du sol.

Les résultats obtenus montrent que la température ne présente pas de grandes variations d'une source à l'autre (fig.12), toutefois un minimum de 12,7°C (S4) et un maximum de 19,3°C (S6). Ces températures sont proches de la température ambiante et indiquent une origine peu profonde des eaux étudiées.

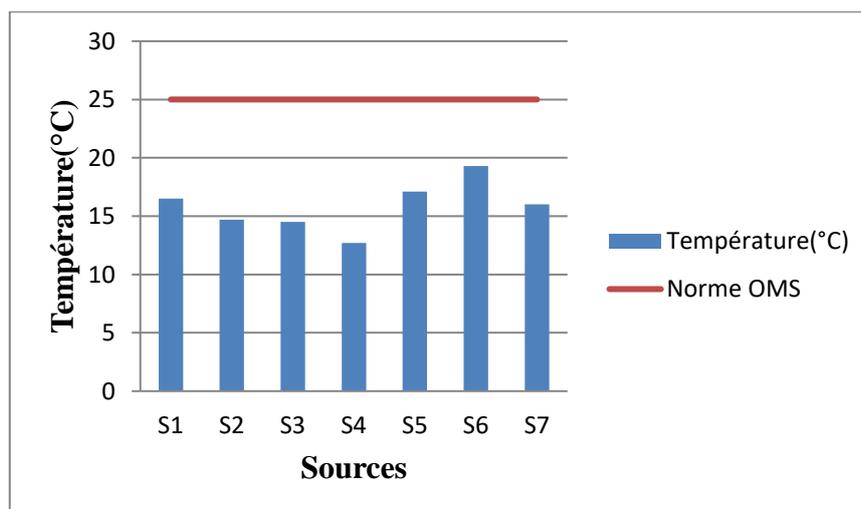


Figure 12: Variation de la température des eaux de source étudiées.

1.2. Potentiel hydrogène (pH)

Le pH est un caractère fondamental et important pour la qualité de l'eau, lié à la nature des terrains traversés. Il donne une indication sur l'acidité ou l'alcalinité d'une eau, du point de vue sanitaire, un pH élevé peut provoquer un problème de corrosion alors qu'un pH faible peut modifier le goût de l'eau.

De plus, le pH est influence énormément la cinétique des réactions chimiques (ammonification ; nitrification ; dénitrification). Cependant, la dénitrification est complète lorsque le pH est supérieur à 7 avec une vitesse de réaction optimale au pH 8 à 10.

D'après les résultats, illustrés dans la figure (13), les valeurs de pH oscillent entre 7,4 et 7,91.

Ces valeurs légèrement alcalines sont aux dessous des normes préconisés par l'OMS 6.5-8.5.

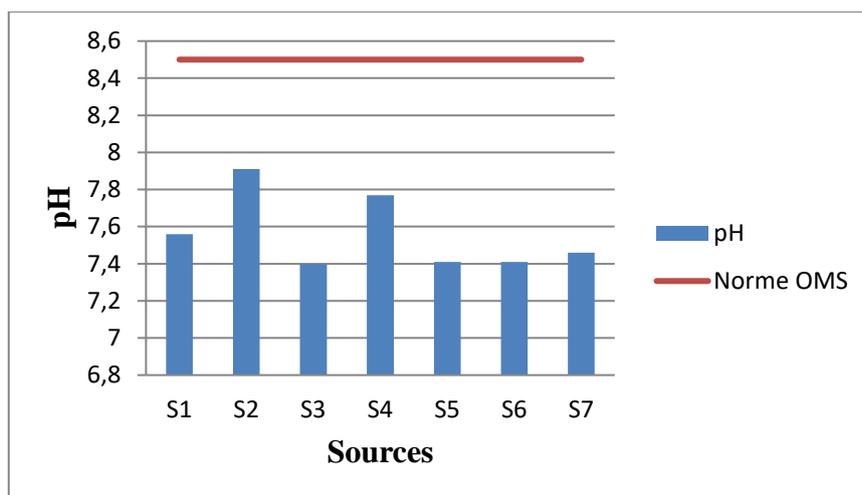


Figure 13 : Variation de pH dans les sources étudiées.

1.3. Conductivité électrique

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes, elle permet d'apprécier la qualité des sels dissous dans l'eau et nous renseigne également sur les degrés de minéralisation de l'eau (Guentri et Rahmania, 2015).

Les résultats obtenus (fig.14), montrent un maximum de 728 $\mu\text{s}/\text{cm}$ relevé dans la source (S4), et un minimale de l'ordre de 559 $\mu\text{s}/\text{cm}$ au niveau de source (S6). Toutes les valeurs de la conductivité enregistrées sont inférieures aux seuls fixés par l'OMS qui sont de l'ordre de 1500 mg/L.

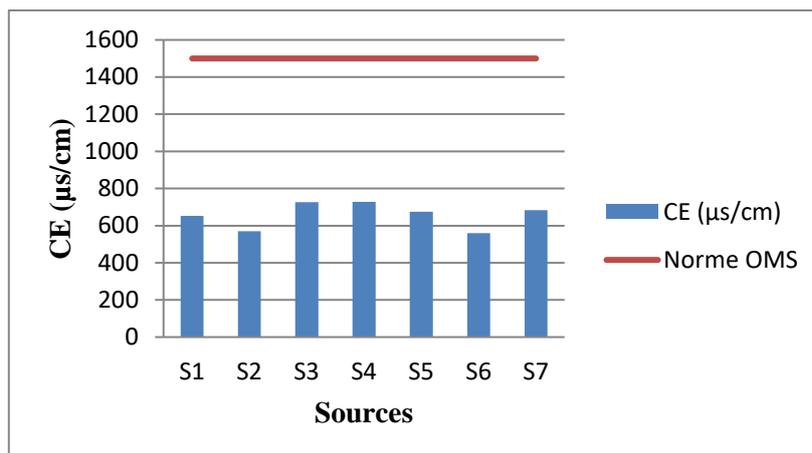


Figure 14: Variation de la conductiv te électrique dans les sources étudiées.

1.4. Turbidité

La mesure de la turbidité permet de donner des informations visuelles sur l'eau. Elle traduit la présence des particules en suspension (débris organiques, argiles, organismes microscopiques...etc.).

Les valeurs de ce paramètre varient de 3,46 à 0,11 NTU.

C'est toutefois aux niveaux des stations 1 et 4 que les maximums sont relevés (3,46) et (2,94) NTU respectivement.

L'OMS fixe une valeur de 5 NTU, ce qui indique que les eaux de source analysées sont conformes (fig.15).

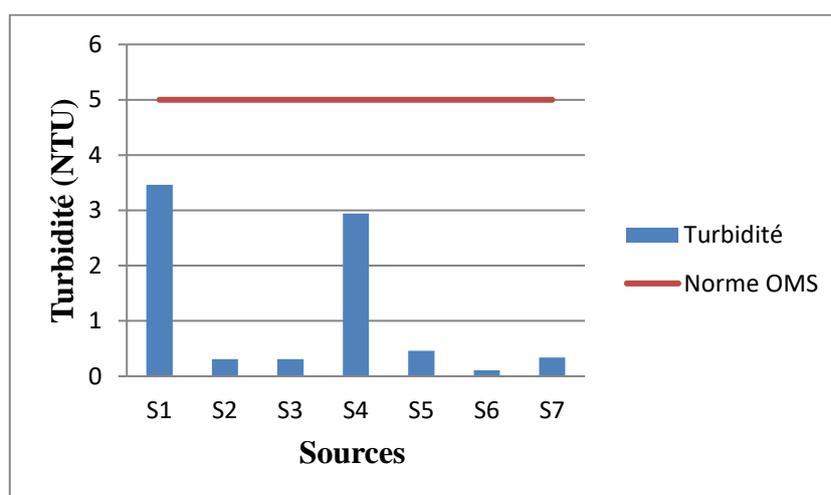


Figure 15 : Variation de turbidité dans les sources étudiées.

1.5. Taux des sels dissous (TDS)

Les solides dissous sont constitués principalement de substances inorganiques dissoutes dans l'eau. Les principaux constituants des solides dissous sont les chlorures, les sulfates, les bicarbonates, le calcium, le magnésium et le sodium.

Généralement, nos résultats montrent des teneurs inférieures à 400 mg /L, valeurs inférieures toujours aux normes OMS (1000mg/L) (fig.16).

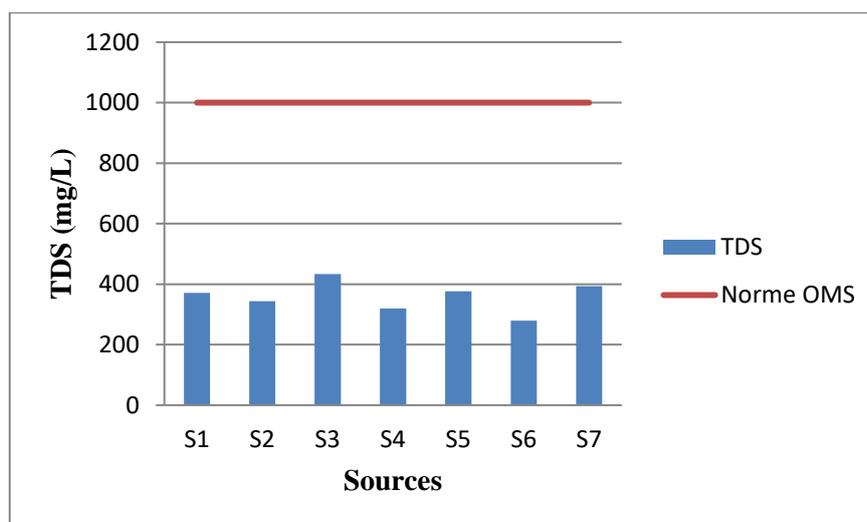


Figure 16 : Variation du TDS dans les sources étudiées.

1.6. Salinité

La salinité est un facteur écologique propre aux biotopes aquatiques (mais aussi aux sols) qui caractérise leur teneur en sel (NaCl) et autres sels dissous dans les eaux.

Les relevés de la salinité indiquent des taux faibles. Un minimum de 0,2% est enregistré dans la station 3 (fig.17). Teneurs qui reste inférieure à la valeur admissible par l'OMS fixée à 1 mg/L.

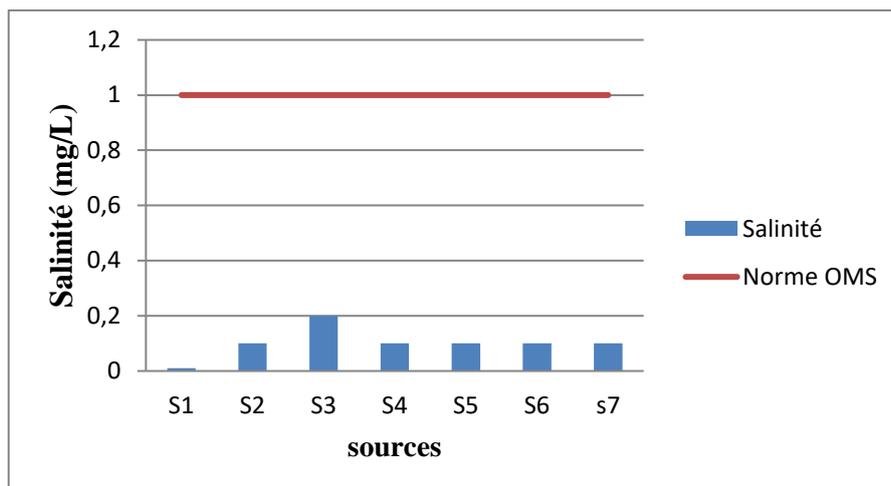


Figure 17: Variation de salinité dans les sources étudiées.

1.7. Dureté totale

La dureté totale de l'eau (TH) est un paramètre rattachée directement à la quantité de calcium et de magnésium dans une eau (**Rodier *et al.*, 1984**).

L'ensemble des résultats enregistrés montre de valeurs supérieures à la norme exigée par L'OMS (20°F) (fig.18).

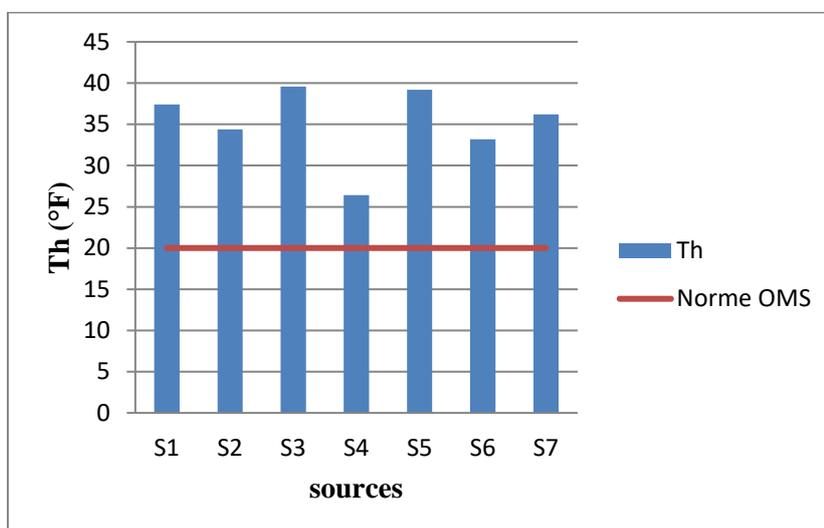


Figure 18: Variation de TH dans les sources étudiées.

1.8. Matière organique (MO) :

Les matières organiques susceptibles d'être rencontrés dans les eaux sont constituées par des produits de décomposition d'origine animale ou végétale élaborées sous l'influence de micro-organismes (**Vilaginès, 2010**).

La présentation graphique ci-dessous (fig.19), montre une fluctuation de la teneur en MO entre les stations échantillonnées la valeur maximale est toutefois relevée dans la source 7 (3.9 mg/L). Nos relevés restent inférieurs à la norme OMS (5mg/L).

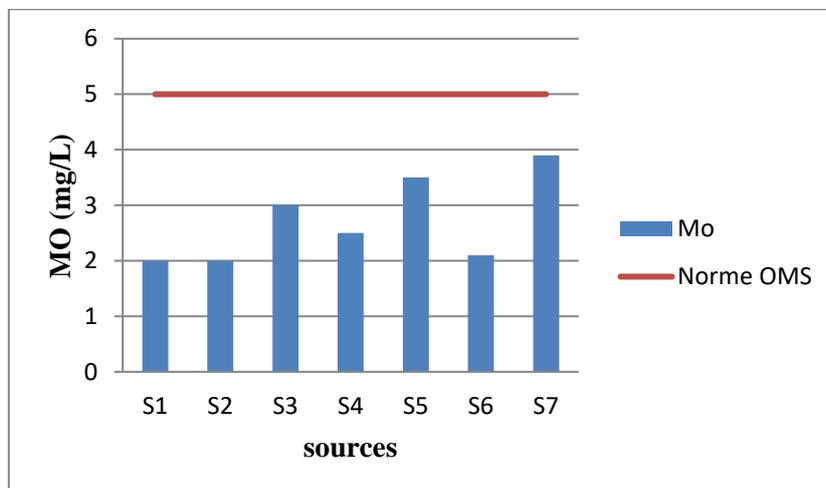


Figure 19 : Variation de MO dans les sources étudiées.

1.9. Matières en suspension

Ce sont des particules solides très fines et généralement visible à l'œil nu, ces particules peuvent être d'origine minérale (argile, limons, sables,...) ou organique (produits de la décomposition des matières végétales ou animales) (**Charchar, 2009**).

On note une absence totale des matières en suspension dans l'ensemble des sources, sauf exception de la source 4 où une teneur de 1mg/L est enregistrée (fig.20).

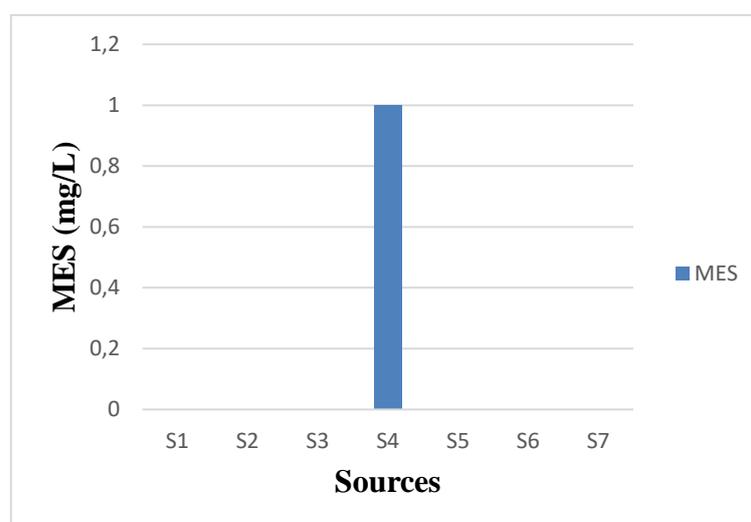


Figure 20: Variation de MES dans les sources étudiées.

1.10. 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'hydrogencarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorure...etc. Sa présence dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles, soit la dissolution des formations carbonatées CaCO_3 , soit la dissolution des formations gypseuses (CaSO_4) (**Berne et Jean, 1991**).

D'après les résultats obtenus (fig.21) des maxima de 136,97 mg/L sont enregistrés dans les sources (S3 et S7) et un minimum de 72,89 est noté dans la source (S6).

Les teneurs de ce paramètre n'excèdent pas la valeur préconisée par L'OMS (200mg/L).

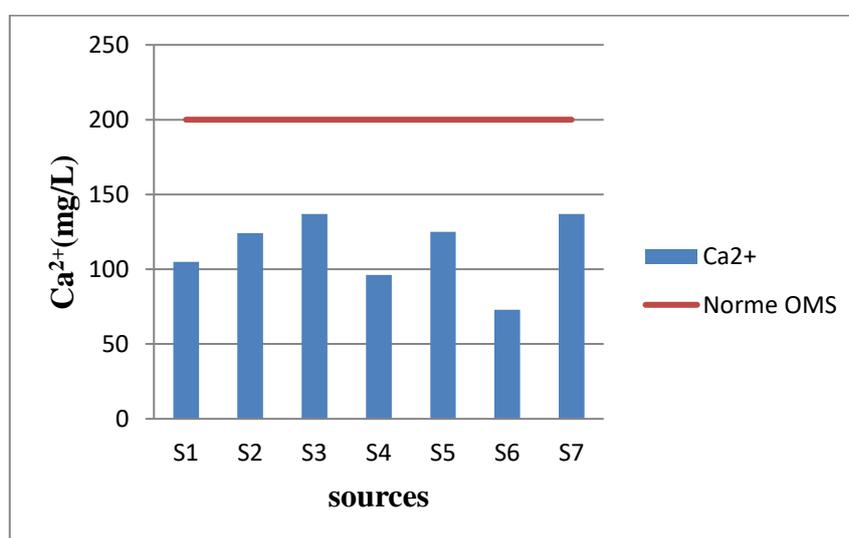


Figure 21: Variation de calcium dans les sources étudiées.

1.11. Magnésium (Mg^{2+})

Le magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l'eau, sa teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrés (calcaires dolomitiques, dolomies du jurassique ou du trias moyen). Il est l'un des éléments le plus répandu dans la nature, il donne un goût désagréable à l'eau (**Rodier et al., 2009**).

Les cations Mg^{2+} ont la même origine et la même provenance que celle du Ca^{2+} (dissolution des formations carbonatées).

La teneur en magnésium varie entre 36,45 mg/L et 4,86 mg/L (fig.22). La valeur maximale est relevée dans la source (6).

En revanche, l'ensemble de ces résultats reste inférieur à la valeur préconisée par l'OMS (50mg/L).

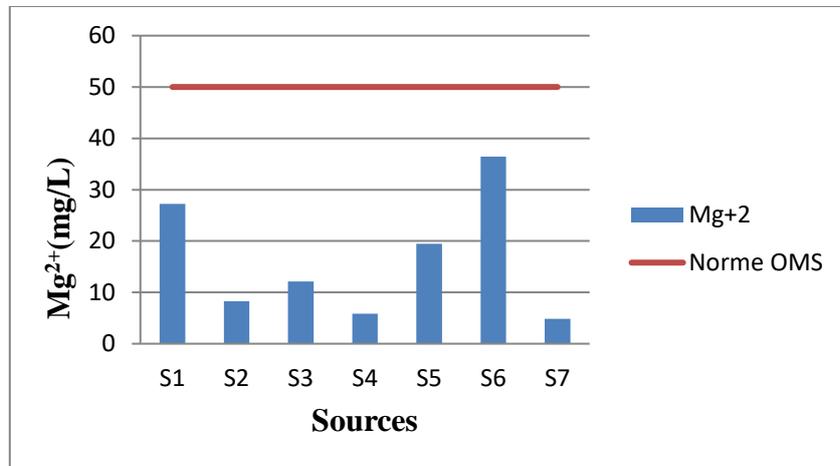


Figure 22: Variation de magnésium dans les sources étudiées.

1.12. Chlorures (Cl⁻)

Le chlorure est un sel mobile, non toxique, très répandu dans la nature sous forme de sels de sodium (NaCl), de potassium (KCl) et de calcium (CaCl₂), un surdosage en chlorure dans l'eau, peut être à l'origine d'une saveur désagréable surtout lorsqu'il s'agit du chlorure de sodium. Au-delà d'une concentration de 200 mg/L de chlorure, des risques peuvent s'apercevoir sur le plan sanitaire (**Bouziyani, 2000**). On constate généralement des valeurs qui ne dépassent pas 50mg/L, à l'exception des stations 3 et 7 où des valeurs respectives de 113,6mg/L et 71mg/L sont enregistrées.

Ces résultats sont inférieurs à la norme fixée par l'OMS à 250mg/L (fig.23).

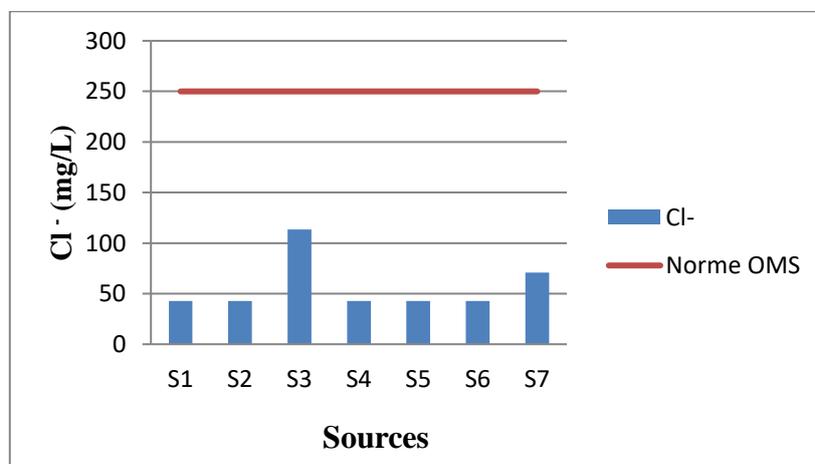


Figure 23: Variation des chlorures dans les sources étudiées.

1.13. Sulfates (SO_4^{2-})

Le sulfate est un élément chimique composé de soufre et d'oxygène, il est présent dans presque toutes les eaux naturelles (Vilaginès, 2010). De fortes concentrations en sulfates provoquent des troubles gastro-intestinaux et peuvent donner un goût désagréable à l'eau.

Les relevés en ces éléments varient entre 5 et 141mg/L(fig.24), c'est au niveau de la source 2 que le maximum est noté ces valeurs restent inférieures à la concentration maximale fixée par l'OMS qui est de l'ordre de 250mg/L.

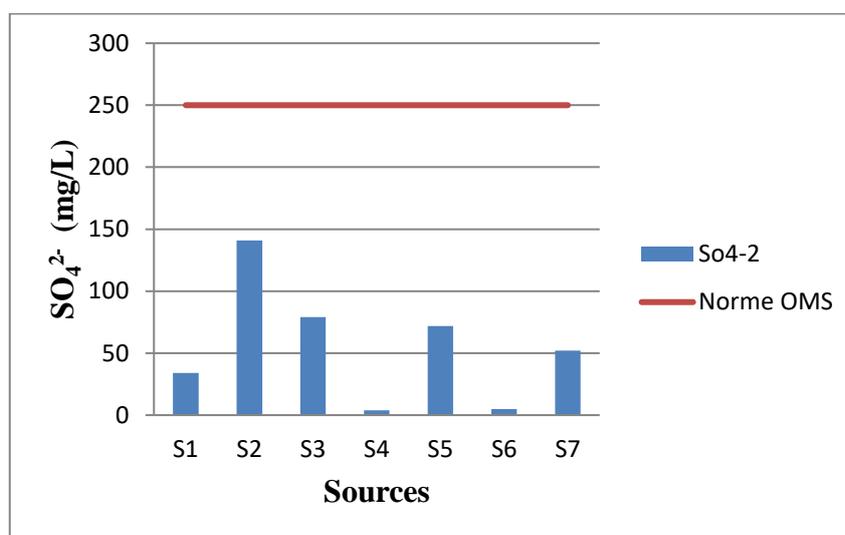


Figure 24: Variation des sulfates dans les sources étudiées.

1.14. Phosphates (PO_4^{3-})

Le phosphate est un élément assez rare mais indispensable à tous les êtres vivants. Il entre notamment dans les cycles énergétiques cellulaires. Les phosphates font partie des anions facilement fixés par le sol, leur présence naturelle dans les eaux est liée aux caractéristiques des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique. (Ramade, 1982). Les phosphates proviennent principalement de l'activité agricole, des eaux usées domestiques et de l'activité industrielle (Morabbi et Souabni, 2013).

Les résultats des phosphates (fig.25) montrent que les concentrations dans les eaux de source étudiées ne dépassent pas la norme OMS (0.5 mg/L). Un maximum de 0.216 mg/L est observé au niveau de la source S4.

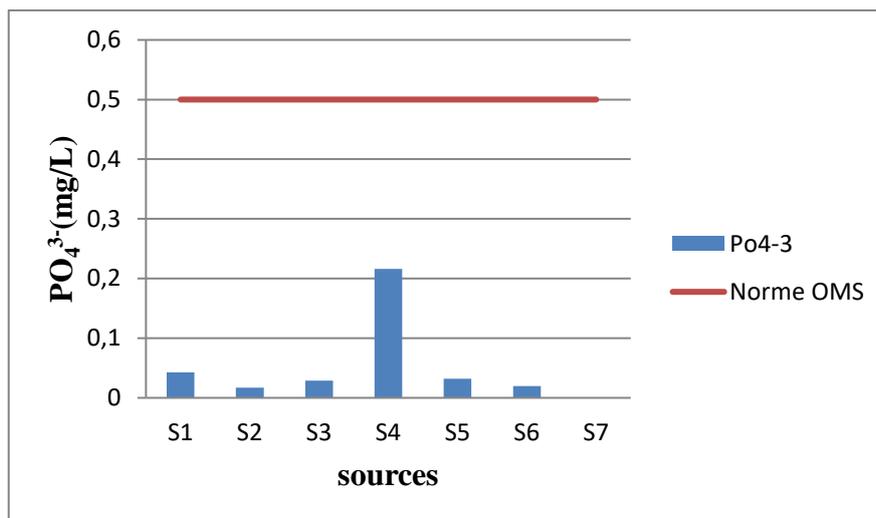


Figure 25: Variation des phosphates dans les sources étudiées.

1.15. Fer (Fe²⁺)

Le fer est un élément indispensable au fonctionnement du corps humain (synthèse d'hémoglobines du sang), les besoins journaliers sont estimés à environ 10 milligrammes (mg) par jour, selon l'âge et le sexe (**Potelon et zysman, 1998**).

Une absence marquée du fer est signalée dans l'ensemble des sources d'eau échantillonnée, sauf exception des sources 1 et 6 où des concentrations respectives de 0,05 et 0,02 mg/L sont enregistrées (fig.26).

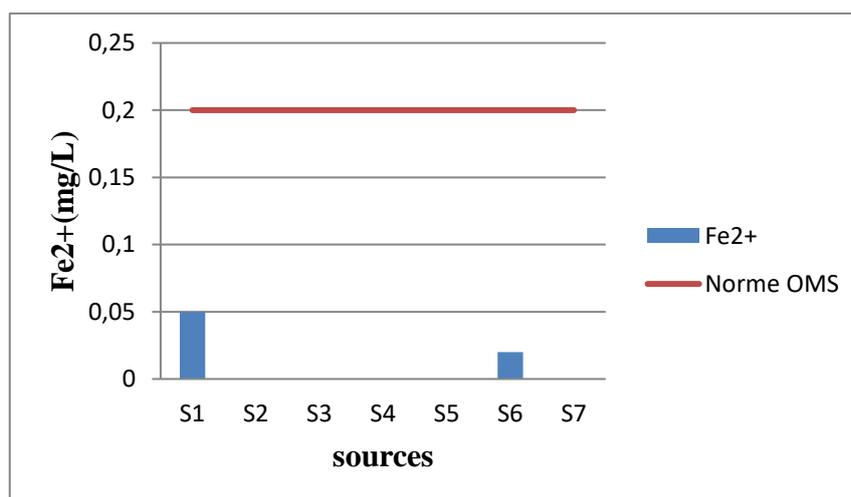


Figure 26: Variation de fer dans les sources étudiées.

1.16. Nitrites (NO_2^-)

Les nitrites sont indicateurs de pollution, et sont considérés comme éléments toxiques. Elles proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammonium soit d'une réduction des nitrates. Son origine est liée à l'agriculture et aux rejets urbains et industriels.

Nos résultats (fig.27) montrent des concentrations trop faibles voire nulles de ces éléments. Ces relevés sont conformes à la norme OMS 0.1mg/L.

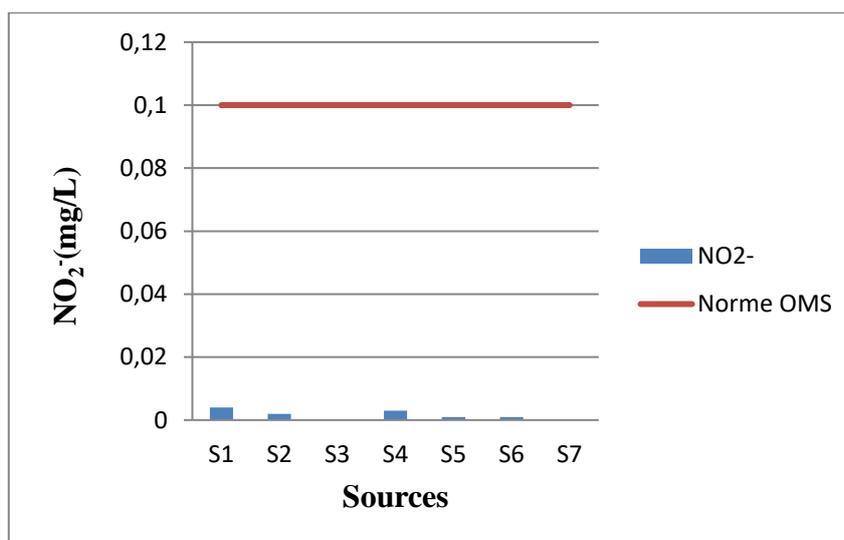


Figure 27: Variation des nitrites dans les sources étudiées.

1.17. Nitrates (NO_3^-)

Les nitrates pourraient provenir de la minéralisation de la matière organique (origine naturelle), des activités agricoles (engrais azotés) et des eaux usées domestiques (origine anthropique).

Les teneurs en nitrate varient de 0 à 32,98mg/L, c'est au niveau de la source 7 que le maximum est enregistré (fig.28).

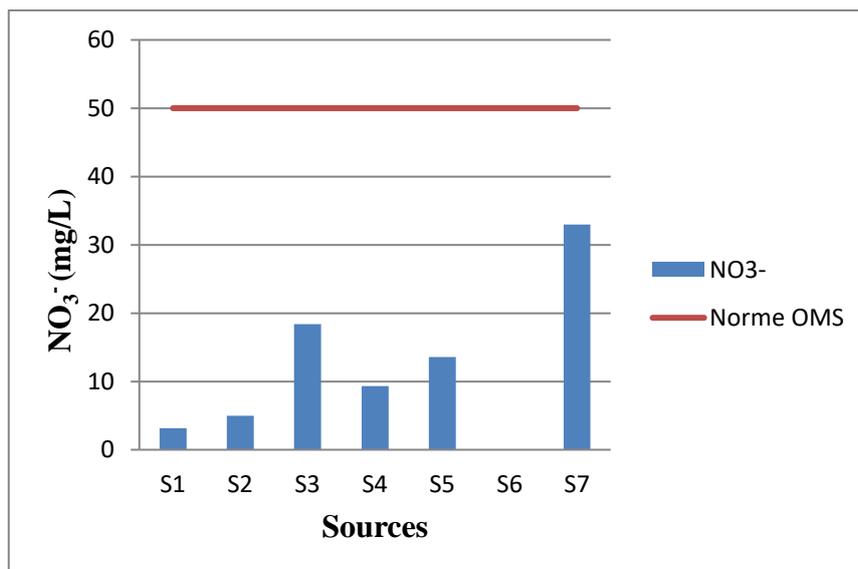


Figure 28: Variation des nitrates dans les sources étudiées.

1.18. Ammonium (NH₄⁺)

L'ammonium dans l'eau traduit habituellement un processus de dégradation incomplet de la matière organique. C'est un excellent indicateur de la pollution de l'eau par des rejets organiques d'origine agricoles, domestiques ou industriels (Rodier *et al.*, 2005).

Les résultats obtenus présentés par la figure (29) montrent de faible concentration en ammonium. On constate ainsi, que les eaux de source prélevées répondent aux seuils fixés par l'OMS (0,5mg/L).

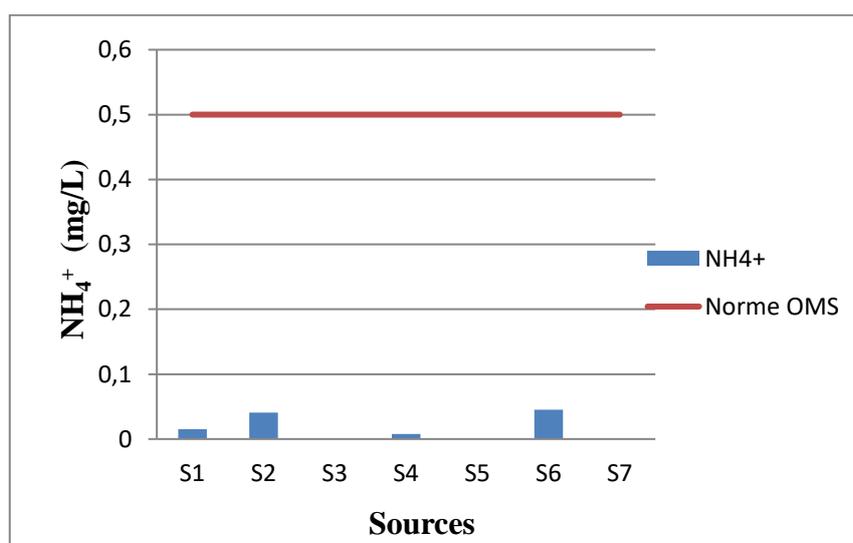


Figure 29: Variation de l'ammonium dans les sources étudiées.

2. Résultats de l'analyse bactériologique

2.1. Germes totaux

Le dénombrement des germes totaux est considéré comme une d'indication beaucoup plus générale, de toute pollution bactériologique. En effet, la stabilité des dénombrements bactériens est donc un bon signe de protection.

Nos résultats montrent des charges qui varient entre 0 et 126 UFC/ml.

C'est au niveau des stations 6 et 7 qu'on remarque une contamination importante (fig.30).

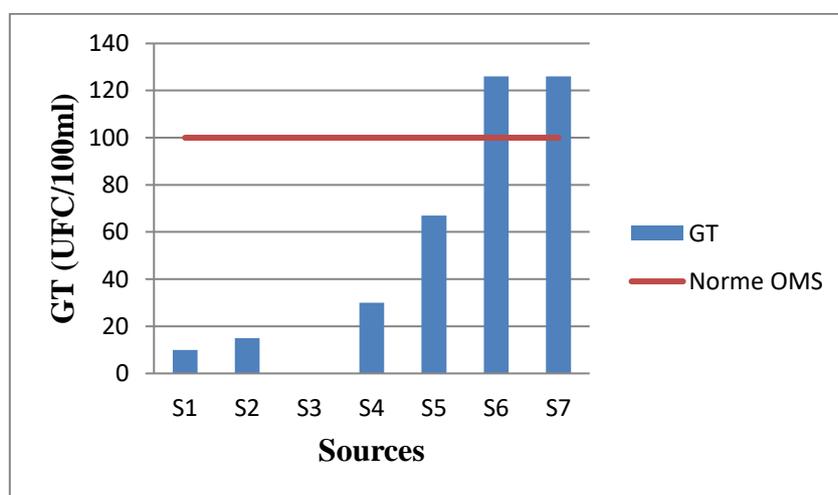


Figure 30: Variation des germes totaux dans les sources étudiées.

2.2. Coliformes totaux

La recherche des coliformes est primordiale du fait qu'un grand nombre d'entre eux vivent en abondance sur les matières fécales des animaux à sang chaud et de ce fait ils constituent des indicateurs de première importance (**Duffour, 1977**).

D'après les résultats consignés dans la figure (31), on remarque une forte présence des coliformes totaux dans les sources 5, 6 et 7 avec des charges qui dépassent les valeurs seuils établies par l'OMS.

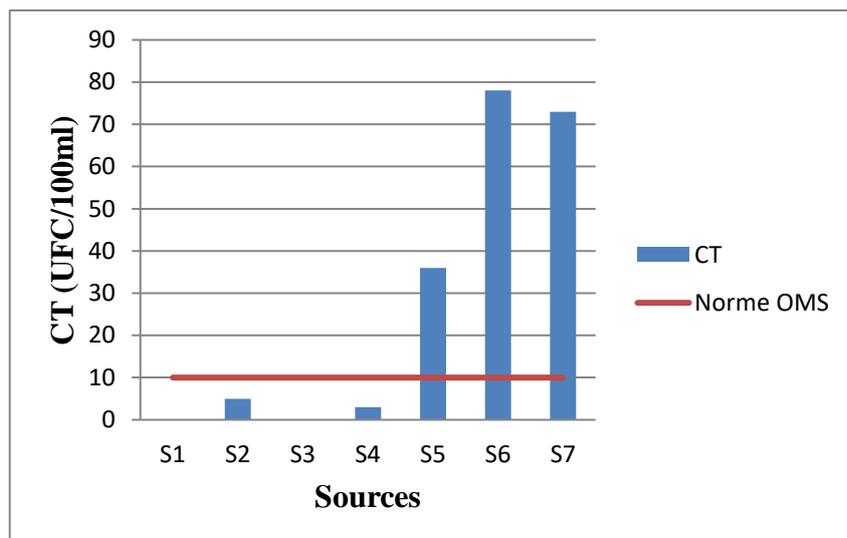


Figure 31: Variation des coliformes totaux dans les sources étudiées.

2.3. Coliformes fécaux

La présentation graphique ci-dessous (fig.32) montre que seule la source 5 est contaminée par ces germes avec une charge de 36 UFC/ml.

Selon les valeurs indicatives de l'Organisation Mondiale de Santé (OMS, 2011) une eau de source doit être exempte de toute contamination fécale.

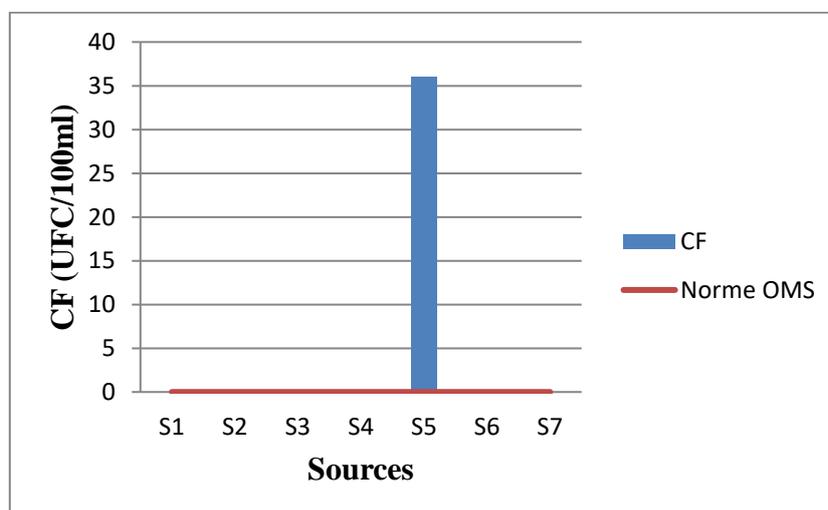


Figure 32: Variation des coliformes fécaux dans les sources étudiées.

2.4. Streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux ou les entérocoques, ce sont des germes très sensibles aux variations physico-chimiques du milieu et ne résistent pas dans l'eau. Leur présence est directement liée à la qualité et à la concentration de la matière fécale dans l'eau.

Nos analyses montrent que ces germes sont déterminés uniquement dans la station 5 avec une charge de 17 SF/100ml dépassent ainsi les normes OMS limité (0 SF/100ml) (fig.33).

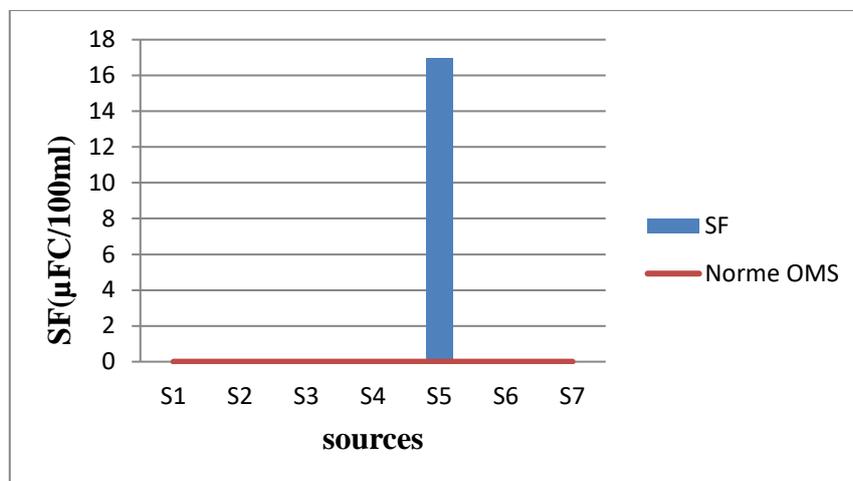


Figure 33: Variation des streptocoques fécaux dans les sources étudiées.

2.5. Les anaérobies sulfito-réducteurs

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

La recherche de ces formes de résistance dans les sources d'eau montre leur unique présence dans la station 5 avec une charge 3 UFC/ml, par contre les normes OMS exigent leur absence totale dans l'eau de consommation (fig.34).

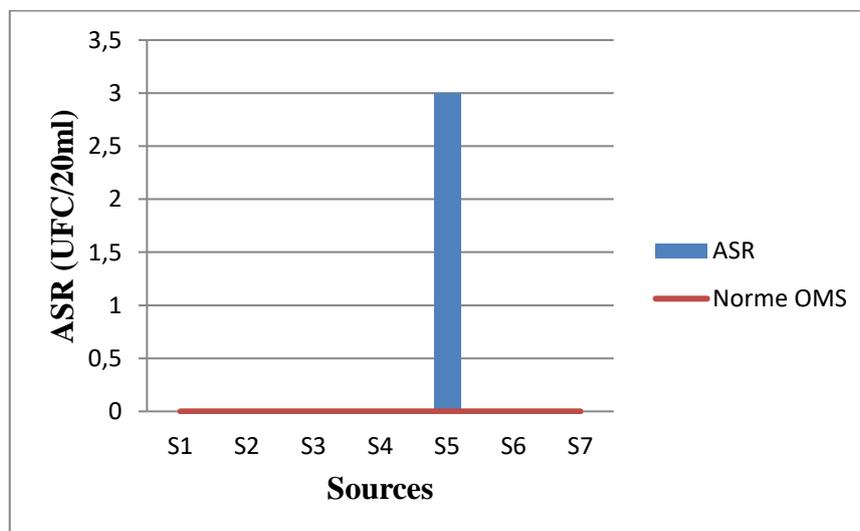


Figure 34: Variation des ASR dans les sources étudiées.

3. Discussion

Sur le plan physico-chimique, la température est le paramètre le plus important dans les analyses de l'eau. Elle a une influence directe sur le comportement de différentes substances contenues dans l'eau et a une grande influence sur l'activité biologique (**Roux, 1987**). Les valeurs de température enregistrées sont inférieures à la norme exigée par OMS (25°C). 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)**.

Les résultats du pH traduisant ainsi l'investigation de l'acidité ou de l'alcalinité d'une eau, montrent que le pH de l'ensemble des échantillons des sources est conforme à la norme proposée par L'OMS (6,5 – 8,5). Ces résultats issus concordent avec ceux de **khemis (2013)** et **Nechad et al., (2014)**.

La conductivité électrique traduit la minéralisation d'une eau, autrement dit la concentration en sels dissous, et donc les fortes valeurs de conductivité électrique correspondent à des valeurs élevées en sels dissous (**Rodier, 2009**). Les analyses effectuées montrent que la conductivité électrique de l'ensemble des échantillons des sources est en dessous de la norme (1500 $\mu\text{s/cm}$) proposée par l'OMS. Nos résultats enregistrés sont en revanche, inférieures par rapport aux valeurs de **Belghiti et al., (2010)** et de **Khemis (2013)**.

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 les sources étudiées répondent à la norme exigée par l'OMS pour les eaux destinées à la consommation humaine (5 NTU), et sont en accord avec ceux de **Gueroui (2015)**.

La TDS (la concentration totale des substances dissoutes), renferme également les sels inorganiques communs trouvés dans l'eau incluant 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 et quelques matières organique. Les teneurs relevées sont au dessous de la norme de potabilité exigée par l'OMS(1000mg/L). Nos résultats sont accord avec ceux de **Abda (2015)**.

En ce qui concerne la salinité, nos relevés montrent des valeurs inférieures aux normes OMS, traduisant ainsi les propriétés des eaux douces. Le présent travail concorde avec celui de **Djetten et Touahri (2016)**.

La dureté est un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés et correspond à la teneur en calcium et en magnésium (**Rodier., 2009**), un degré de dureté trop élevé favorise la prolifération des algues (Eutrophisation) alors qu'un degré trop faible empêche la croissance des plantes aquatiques. Les valeurs enregistrées pour les sources sont supérieures à la norme exigée par L'OMS (20°F). L'augmentation de la dureté est liée essentiellement aux terrains Calcaires et gypseux. Nos résultats sont proches à ceux de **Belghiti et al., (2010) et de Abda (2015)**.

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 5 mg/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 se rapprochent de ceux relevés par **Djetten et Touahri (2016)**.

Les matières en suspension comprennent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau. Elles incluent les argiles, les sables, les limons, les matières organiques et minérales de faible dimension, le plancton et autres micro-organismes de l'eau. Les relevés des matières en suspension montrent que seules la source 4, comprend ces éléments présence probablement reliée à la nature des terrains traversés ainsi qu'aux rejets liquides.

Le calcium est un alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonate. Nos résultats montrent que les concentrations de calcium pour les sources étudiées ne dépassent pas la norme admissible par OMS (200mg/L), et sont en accord avec les résultats de **Abda (2015)**.

Pour le magnésium, sa variation dans l'eau dépend de son état de solubilités, en suspension ou complexe par ailleurs, sa solubilité dépend du pH, de l'oxygène dissous et de la présence d'agent complexant, le magnésium donne un goût désagréable à l'eau potable. Les résultats obtenus dans les sources sont en accord avec la norme admissible par l'OMS (50mg/L). Résultats concordant avec ceux de **Abda (2015)**.

Les chlorures possèdent des caractéristiques différentes de celles des autres éléments, il n'est pas adsorbé par les formations géologiques, ne se combine pas facilement avec les éléments chimiques et reste très mobile. Les valeurs enregistrées dans notre étude indiquent que nos sources sont à l'abri de toute pollution naturelle ou anthropique. Les normes OMS sont trois fois plus importantes que les valeurs relevées. Ces dernières sont aussi inférieures à celles notées par **Aouissi et Houhamdi (2010)**.

Les teneurs des sources en sulfate issues traduisant probablement l'appauvrissement des terrains, une moindre activité de certaines bactéries (chlorothiobactéries, rhodothiobactéries, ... etc.). Cette activité peut oxyder l'hydrogène sulfuré (H₂S) toxique en sulfate. Les travaux de **Nechakh, Reffad et Tlidjane (2015)**. Présentent des résultats similaires.

Les faibles teneurs relevées des phosphates, et éléments azotés (nitrites, nitrates et ammonium). Représentent la bonne qualité de ces sources, donc moins de lessivage de produits dans le sol, moins de décomposition de matières organiques des engrais naturels ou de synthèse. Les résultats de **Aouissi et Houhamdi (2010)** ; **Behalil et al., (2011)** ; **Nechakh et al., (2015)** et **Gueroui (2015)**.

En ce qui concerne le fer, les résultats obtenus montrent la pauvreté des sources en cet élément, connu comme abondant surtout dans les roches sous forme de silicates, d'oxydes et hydroxydes, de carbonates et de sulfures. Par ailleurs, 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 sont inférieurs à la norme exigée par l'OMS (0.2 mg/L) et sont en accord avec l'étude de **Djetten et Touahri (2016)**.

La recherche et dénombrement des germes totaux est considéré comme une indication beaucoup plus général vis à vis de toute pollution microbienne : c'est le dénombrement total des bactéries. En effet, les résultats des germes totaux montrent que les charges bactériennes varient entre (0-126 UFC/ml). Ces résultats sont inférieurs par rapport à ceux de **Bentafar et djebairia (2015)** (1-300 UFC /100ml) et supérieures par rapport de à ceux **Chena B et Grara N (2015)** (0-100 UFC/100ml).

La recherche et le dénombrement de l'ensemble des coliformes, sans préjuger de leur appartenance taxonomique et de leur origine. Est un 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**). Sur l'ensemble des sources, 3 sites présentent une charge importante en coliformes, dépassent ainsi les valeurs guide de L'OMS. Nos résultats restent inférieurs à ceux notés par **Chena B et Grara N (2015) et Bentafar et djebairia (2015)** dont les maximums enregistrés sont (0-300UFC/100ml) et (3-101UFC/ml) respectivement.

En outre, la présence des coliformes fécaux et streptocoques fécaux dans la source 5 témoigne habituellement une contamination d'origine fécale ou provenant d'eaux enrichies en matières organiques (**Bouchlaghem et Bouregaa, 2015**). Nos résultats sont supérieurs à ceux de **Abda (2015)**. Pour les coliformes fécaux et moins important par rapport aux résultats de **Chena B et Grara N (2015) et Bentafar et djebairia (2015)** pour les streptocoques fécaux.

Et enfin, la présence de spores de bactérie ASR dans l'eau de la station 5 renseigne sur l'origine ancienne de la contamination par les matières fécales. Les résultats de **Gueroui (2015)** montrent une forte présence de ces germes (32UFC/ml) contre (3UFC/ml).

Conclusion et Perspectives



La présente étude avait pour objectif de contrôle de la qualité physico-chimique et bactériologique de 7 sources d'eau situées dans la Wilaya de Guelma à savoir :

Ain El Ghoul (Houari Boumediene), Ain Baida (Sellaoua Anouna), Ain El Ragba (Hammam Debagh), Ain Kebira (Oued Cheham), Ain Drahem (Oued Zenati), Ain Chouikha (Bouhamden) et Ain Guettara (Ain Makhoulf).

Du point de vue physico-chimique, une différence notable dans les teneurs mesurées de chaque paramètre étudié. Dans la majorité des cas l'eau de sources est considérée comme une eau équilibrée et répond aux normes de l'OMS. Néanmoins, seules les valeurs de la dureté dépassent les normes guides de l'OMS.

Du point de vue bactériologique les résultats obtenus montrent que :

- Le taux des germes totaux est conforme à la norme recommandée par l'OMS (100UFC/ml) sauf exception des sources Ain Chouikha (S6) et Ain Guettara (S7) qui dépasse la norme.
- Une charge importante en coliformes totaux qui dépasse les normes relevées dans les 3 sources Ain Drahem (S5), Ain Chouikha (S6), Ain Guettara (S7).
- L'ensemble des sources répondent aux normes en vigueur pour les coliformes fécaux, sauf exception de la source de Ain Drahem.
- De même la charge des streptocoques fécaux est notée dans la station de Ain Drahem.
- Une absence totale des formes de résistance bactérienne à l'exception de Ain Drahem.

En guise de conclusion nous pourrions dire que :

- Les sources Ain El Ghoul (S1), Ain Baida (S2), AinEl Ragba (S3) et Ain Kebira (S4) sont de bonne qualité ;
- Les sources Ain Chouikha(S6) et Ain Guettara (S7) sont contaminé, mais un traitement adéquat peut améliorer la qualité bactériologique de cette eau ;
- La source de Ain Drahem (S5) est de mauvaise qualité bactériologique, son eau pose un problème pour la consommation humaine, et nécessite un curage efficace.

En perspectives :

- Etaler la période d'étude ;
- Rechercher d'autres germes à savoir : les salmonelles, les parasites, les levures et moisissures ;
- Dosage des contaminants chimiques tels que les métaux lourds et les pesticides ;
- Rechercher des descripteurs indicateurs de perturbation ;

- Suivre la variation de certains enzymes de stress chez les végétaux irrigués avec cette eau.

En recommandations :

- Appliquer les consignes de l’OMS qui limitent la périphérie de la source d’au moins 150m ;
- Contrôle continu de la qualité des sources par les autorités en charge ;
- S’assurer de bien séparer les systèmes d’évacuation des eaux usées ;
- Réglementer l’émission des pesticides et des fertilisants dans les terres agricoles, afin d’éviter le risque de contamination de ces eaux souterraines ;
- Sensibiliser la population des dangers de la consommation directe de l’eau non traitée ;
- Etablir les normes nationales de la qualité des eaux de consommation.

Références

Bibliographiques

Références Bibliographiques

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

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

Aoualmia S., Rouabhia A., 2011. Suivi de la qualité de l'eau potable après traitement à la station de Hammam Debagh. Mémoire de master. Université 08 Mai 1945, Guelma. 95p.

Aouissi A., 2010. Microbiologie et physico-chimie de l'eau des puits et des sources de la région de Guelma (Nord-Est de l'Algérie), Mémoire de magister. Université du 08 Mai 1945, Guelma. 129p.

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 de master. Université 08 Mai 1945, Guelma. 85p.

Archibald F., 2000. The presence of coliform bacteria in Canadian pulp and paper mill water systems- a cause for concern? *Water QualRes J. Canada*,35 : 1-22.

Ayad W., 2017. Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des Puits de la Région d'EL-Harrouch (Wilaya de Skikda). Thèse de doctorat. Université Badji Mokhtar, Annaba. 156p.

Behalil M., Hamlaoui B., Laraissia H., 2011. Qualité bactériologique et physico-chimique des eaux des sources de la région de Guelma. Mémoire de master. Université 08 Mai 1945, Guelma. 93p.

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-quadernaire dans la région de Meknès Maroc. Mémoire de master. Université Moulay Ismail, Maroc. 31p.

Bentafar I., Djebairia Y. 2016. Contribution à l'étude physico-chimique et bactériologique des eaux de quelques sources de la wilaya de Guelma. Mémoire de master. Université 08 Mai 1945, Guelma. 98p.

Berne F, 1972. Les traitements des eaux dans l'industrie pétrolière. Édition TECHNIP. 207p.

Références Bibliographiques

- Berne F, Jean C., 1991.** Traitement des eaux, Édition TECHNIP, Paris, 306 p.
- Berradia N., Serisserr H., 2019.** Effet de la lumière sur l'évolution de qualité physico-chimique et bactériologique des eaux minérales embouteillées. Mémoire de master. Université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem. 61p.
- Bopp C., Brenner F., Wells J., Strockbine N., 1999.** *Escherichia, Shigella and Salmonella*, In Manual of clinical microbiology (Eds, Patrick R. Murray and American Society for Microbiology) American Society for Microbiology Press, Washington, D.C.474p.
- Bouchlaghem A. et Bouregaa M.2015.** Evaluation de la qualité d'eaux usée (Wilaya de Guelma) après traitement par les différents procédés (station d'épuration, Nanoparticules et les lentilles d'eaux). Mémoire de master. Université 08 Mai 1945, Guelma. 69p.
- Bourrier R., Selmi B., 2011.** Technique de la gestion et de la distribution de l'eau, Edition Moniteur, Paris. 402p.
- Bouziani M., 2000.** L'eau de la pénurie aux maladies, Edition ibn khaldoun. 247p.
- Brasilia, 2013.** Manuel pratique d'analyse de l'eau.4^{ème} édition. 54, 57, 63 p.
- ChalgouT., Naili A., 2017.** Etude physico-chimique et microbiologique de la floculation-coagulation et de l'adoucissement de l'eau du puits de forage d'Ibourassen (CEVITAL). Mémoire de Master, Université de Bejaia. 2-3-4p.
- Charchar N., 2009.** Contribution à l'étude de la pollution d'Oued Seybouse (Guelma) par les tensioactifs anionique (LAS). Mémoire de Magister. Université 8 Mai 1945, Guelma.121p.
- Chena B., Grara N., 2015.** Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de quelques eaux de sources dans le bassin de Guelma. Mémoire de master. Université 08 Mai 1945, Guelma. 84p.
- Chevalier P., 2003.** Coliformes totaux. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec, 4 p.
- CEAEQ., 2000.** Recherche et dénombrement des coliformes totaux ; méthode par filtration sur membrane, Centre d'expertise en analyse environnementale, Gouvernement du Québec, 25p.

Références Bibliographiques

Centre d'Expertise En Analyse Environnementale Du Québec., 2015. Détermination de la conductivité : méthode électrométrique, MA. 115 – Cond. 1.1, rév. 1, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques.9p.

Centre d'Information sur l'Eau (CIE)., 2013.Le cycle naturel de l'eau, le mercredi 7 août 2013.6p.

Claire V., 2011. Étude du compartiment hydraulique, physico-chimiques et microbiologiques d'un système de récupération d'eau de toiture. Évaluation de l'empreinte Environnementale. Thèse de doctorat. Université de Toulouse, 350p.

Codex S et Coin., 1981. La pratique de l'eau : usages domestiques. Collectif et industriel. Édition. Moniteur. Paris.65p.

Collin J.J., 2004. Les eaux souterraines : Connaissance et gestion, HERMANN, Editeurs des sciences et des arts, paris, 49p.

Degremont G., 2005. Mémento technique de l'eau. Tome 1, 10^{ème} édition : Tec et doc, 38p.

Desjardins R., 1997. Le traitement des eaux, Edition de l'école polytechnique de Montréal, 2^{ème} édition, Québec, Canada. 112p.

Diop C., 2006. Etude de la qualité microbiologique des eaux de boisson conditionnées en sachet et vendues sur la voie publique dans la région de Dakar, mémoire de diplôme d'études approfondies de productions animales, université cheikh anta diop de Dakar. 40p.

Djetten A., Touahri I., 2016. Qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de source Ras El Ma et Héliopolis (Wilaya de Guelma). Mémoire de master. Université 08 Mai 1945, Guelma. 98p.

Duffour A.P., 1977. *E. coli*: The Faecal Coliform.48–58. In Hoadely A.W. and B.J.Dukta (eds).

Edberg S.C., Rice E.W., Karlin R.J., Allen M.J., 2000.Escherichia coli: the best biological drinking water indicator for public health protection, *Journal of Applied Microbiology*, 88: 106S-116S.

Edmond M.B., Ober J.F., Weinbaum, D.L., Pfaller M. A., Hwang T., Sanford M.D., Wenzel R.P., 1995. Vancomycin-resistant Enterococcus faecium bacteremia: risk factors for infection, *Clin Infect Dis*, Vol 20, N°5, PP: 1126-1133.

Références Bibliographiques

El Haissoufi H., Berrada S., Merzouki M., Aabouch M., Bennani L., Benlemlih M., Idir M., Zanibou A., Bennis Y., El Oualilalami A., 2011. Pollution des eaux de puits de certains quartiers de la ville de Fès, Maroc, Rev. Microbiol. Ind. San et Environn, Vol 5, N°1, PP : 37-68

Elmund G.K., Allen M.J., Rice E.W., 1999. Comparison of Escherichia coli, total coliform and fecal coliform populations as indicators of wastewater treatment efficiency, Water Environ. Res, N°71, PP : 332-339.

Gantzer C., Lucena F., Schwartzbord I., Jofer J., 1998. Virologie. Vol 2, numéro 2. 117p.

Gaujour D., 1995. La pollution des milieux aquatiques : Aide-mémoire. 2^{ème} édition. Lavoisier. 49p.

Gleeson C., Gray N., 1997. The coliform index and waterborne disease, problems of microbial drinking water assessment, E & FN Spoon, London. 194 p.

Gouvernement du Quebec., 2004. Etude du risque de gastro-entérite chez les familles utilisant l'eau d'un puits domestique, Direction risques biologiques, environnementaux et occupationnels, Institut national de santé publique, Québec.08p.

Gros Claude G., 1999. L'eau usage et polluants. Tome 2 Edition INRA Paris.

Guentri S., Rahmania F., 2015. Contribution à la connaissance de la remontée et la pollution des eaux. Edition. Universitaires européens. P.28

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

Guiraud J et Galzy P., 1980. Analyse microbiologique dans l'industrie alimentaire, Les éditions de l'usine nouvelle. Paris. 533p.

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

Henze M., Vavloosdrecht G., Brdjanovic D., 2008. Biological waste water treatment: principles, modelling and design, Technol Eng. 511p.

Références Bibliographiques

- James, E. and M. Joyce (2004).** "Assessment and Management of Watershed Microbial Contaminants." *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 34(2): 109-139.
- JEAN-CLAUDE B., 1983.** *Contrôle des Eaux Douces et de Consommation Humaine*, Edition Ed. Techniques Ingénieur. 2-8p.
- Khemis M., 2013.** *Etude de la Qualité de quelques Eaux de sources de la région de Guelma.* Mémoire de master. Université 08 Mai 1945, Guelma. 95p.
- Kemmer F., 1984.** *Manuelle de l'eau. Edition : Lavoisier technique et documentation.* 930p.
- Lambert, M.C., 1998.** *Cours pratique sur la désinfection et le contrôle de qualité de l'eau potable.* 73p.
- Laidani Y., Henini G., Khatmi B., et Dellal A., 2009.** *Evaluation de la pollution des eaux du sous bassin versant de L'Oued Mina.* 2^{ème} colloque international de chimie -CIC2-Batna, du 1 au 3 décembre 2009.
- Levallois P., 2003.** *Bactéries hétérotrophes aérobies et anaérobies facultatives. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine, Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec,* 3p.
- Leyral G., Ronnefo C., Guillet F., 2002.** *Microbiologie et qualité des industries agroalimentaire,* Paris, 245p.
- Madani T. A. A., Kabani A., Orr P., Nicolle L., 1999.** *Enterococcal bacteremia in a tertiary care centre in Winnipeg, Canadian Journal of Infectious Diseases, Vol 10, PP: 57-63.*
- Mercier J., 2000.** *Le grand livre de l'eau. Edition. La reconnaissance du livre. Collecte art de vivre.* 91p.
- Morabbi A., Souabni O., 2013.** *Caractérisation la qualité des ressources en eau dans le sous bassin Ksob (Région d'Essaouira, Maroc). Mémoire de licence. Université cadi ayyad.* 27-28 p.
- 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 de master. Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fès, Maroc.* 150p.

Références Bibliographiques

Nechakh F., Reffad S., Tlidjane A. 2015. Caractérisation physico-chimiques et bactériologiques de quelques sources principales d’approvisionnement en eau potable dans la région de Dahouara (Hammam N’Bail). Mémoire de master. Université 08 Mai 1945, Guelma. 91p.

Norme ISO5667. Dosage des ions nitrites.

Norme ISO 6058. Détermination du calcium.

Norme ISO 6058. Détermination du magnésium.

Norme ISO 6332. Détermination du fer.

Norme ISO 6878. Détermination des phosphates.

Norme ISO 7150/1-1984 (F). Dosage de l’ammonium.

Norme ISO 7899-2 et NF T 90-416. Recherche et dénombrement des entérocoques Intestinaux. Partie2. Méthode par filtration sur membrane.

Norme NF EN ISO 6222. Dénombrement des micro-organismes revivifiables. Comptage des colonies par ensemencement dans un milieu de culture nutritif gélosé.

Norme NF EN ISO 9308. Recherche et dénombrement des *Escherichia coli* et des bactéries coliformes partie 1. Méthode par filtration sur membrane.

Norme NF T 90-415. Recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfite-réducteurs. Méthode générale par incorporation en gélose en tubes profonds.

OMS (2002). Quantification De Certains Risques Majeurs Pour La Santé. Rapport Sur La Santé Dans Le Monde - Réduire Les Risques Et Promouvoir Une Vie Saine. N. Unies. Genève, Organisation mondiale de la Santé : 51-104

OMS (Organisation mondiale de santé). 2011. Directives de qualité de l’eau de boisson Quatrième édition, voll. Recommandation Genève.541p.

Potelon J.L. et Zysman K., 1998.Le guide des analyses de l'eau potable. La lettre du cadre territoriale. S.E.P.T Voiron, Cedex. 253 p.

Pulim, (1991). L’eau et la santé en Afrique tropicale. Colloque pluridisciplinaire Géographique. Médecine limoges. 72p.

Références Bibliographiques

Ramade F., 1982. Eléments D'écologie, Ecologie Appliquée, L'action De L'homme Sur La Biosphère, 2^{ème} édition, Paris, Masson, 422 p.

Ramade F., 2011. Introduction à l'écochimie, les substances chimique et l'écosphère a l'Homme. Edition. Lavoisire. Paris. 828p.

Reggam A., 2015. Contribution à l'étude de la qualité microbiologique et physicochimique de l'eau de l'oued Seybouse. Thèse de doctorat. Université 08 Mai 1945.Guelma. 137p.

Rejsek F., 2002. Analyse des eaux. Aspects réglementaires et techniques. *Sceren*. Paris. 360p.

Rodier J., 2005. L'analyse De L'eau ; Eaux Naturelles, Eaux Résiduelles, Eaux De Mer. 8ème édition. Dunod. 1383 p.

Rodier J., 2009. L'analyse de l'eau ; Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 9^{ème} édition, Dunod, Paris. 1579 p.

Rodier J., Beuffr H., Bournaud M., Broutin J. P., Geoffray Ch., Kovacsik G., Laport J., Pattee E., Plissier M., Rodi L., Vial J.,1984. L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 7^{ème} édition. Ed. Dunod.

Roux D., 1987.Office International de L'eau. L'analyse biologique de l'eau. TEC et DOC. Paris. 229p.

Smaili M., Touati A., 2018. Contribution à la caractérisation des eaux de cinq sources dans le bassin versant de Boussellam, Sud-est de Bejaia-Algérie. Mémoire de master. Université A. MIRA– Bejaia. 108p.

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

Webographie

[1] <http://sigessn.brgm.fr/spip.php?article171>. Consulté le 01/04/2021.

[2] <http://www.cci-mermoura-dz.com/home/ville>. Consulté le 06/04/2021.

Annexes

Annexes 1

Dosage de Titre hydrométrique (TH)

Réactifs :

- Indicateur noir l'ériochrome T.
- Solution d'EDTA (0.2N).
- Solution tampon : ammoniacale 34%.

Détermination des matières oxydables en milieu acide (M.O)

Réactifs :

- Solution d'acide sulfurique 50%.
- Solution de permanganate de potassium N/80.
- A préparer à partir d'une solution N/10 récemment titre.
- Vérifier le titre de cette Solution.
- 1ml de la solution N/80 correspond à 0.1 mg d'oxygène.
- Solution d'acide oxalique N/80, à préparer à partir d'une solution N/10 récemment titre

Chlorure Cl⁻

Réactifs :

- Solution de chromate de potassium à 10%.
- Solution de nitrate d'argent N/10.

Dosage de Sulfate

Réactifs :

Solution –mère de sulfates à 1 g/l à partir de Na₂SO₄

- Peser 4.43g de Na₂SO₄ 1 000 ml d'eau distillée.

Solution stabilisante :

- Acide chlorhydrique 60 ml

Annexes

- Ethanol 200 ml
- Chlorure de sodium 150 ml
- Eau distillée 600 ml

Solution de chlorure de baryum :

- Chlorure de baryum 150 g
- Acide chlorhydrique 5 ml
- Eau distillée 1 000 ml.

Courbe d'étalonnage :

N° Becher	0	1	2	3	4	5	6	7
Solution mère à 1 g/L	0	1 ml	2ml	3ml	4ml	5ml	6ml	7ml
Qsp	100ml							
Solution stabilisante	5ml							
Solution chlorure de baryum	2ml							
Agitation 1 mn								
Concentration Finale mg/L SO_4^{2-}	0	10	20	30	40	50	60	70

Enregistrer la gamme dans le spectro- à la longueur d'onde $\lambda = 420 \text{ nm}$

Dosage de l'ammonium

Réactifs :

Eau exempte d'ammonium.

Réactif coloré (Réactif I) :

Peser 13g + ou- 1g de salicylate de sodium, 13g +ou- 1g de citrate trisadique déshydraté et 0,097g de sodium nitropentacyanoferrate (III) déshydraté à dissoudre dans 100 ml d'eau distillée.

Conserver dans un récipient en verre brun.

Cette solution est stable pendant 2 semaines.

Dichloroisocyanurate de sodium (Réactif II) :

Prendre 3,2g d'hydroxyde de sodium dans 50 ml d'eau distillée, + 0,2g +ou- 0,002g de dichloroisocyanurate déshydraté. Dissoudre dans 100 ml d'eau

Distillée. Conserver dans un récipient en verre brun.

Solutions étalons : chlorures d'ammonium $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ou le sulfate d'ammonium

Etalonnage : Courbe d'étalonnage :

Annexes

Solution fille 1 mg/l	0	1	2,5	5	25	40
Eau distillée (ml)	50	49	47,5	45	25	10
Réactif I (ml)	4	4	4	4	4	4
Réactif II(Coloré) (ml)	4	4	4	4	4	4
Attendre 1h 30min						
[NH ₄] en mg/l	0	0,02	0,05	0,1	0,5	0,8

Dosage des nitrites

Réactifs :

Solution du réactif :

20g de Sulfamide, (C₆H₈N₂O₂S) à dissoudre dans un mélange de 50ml d'acide phosphorique (d=1,71g/ml=85% de masse) et 250 ml d'eau distillée.

Dans cette solution dissoudre 1g de N-(1-naphtyl) -éthylènediamine-dichlorohydraté (C₁₂H₁₆CL₂N₂)

Compléter avec de l'eau distillée dans une fiole jaugée à un volume de 500ml, cette solution est stable pendant un mois si elle est gardée à l'obscurité (bouteille en verre marron bien fermée) et 4°C au frigo.

Solution d'acide phosphorique :

Dans une fiole jaugée de 250 ml, dissoudre 25 ml d'acide phosphorique (d= 1,71g/ml=85% en masse) dans 150ml d'eau distillée. Après refroidissement à la température ambiante, on complète à l'eau distillée à 250ml.

Solution standard de 100 mg/l

Dissoudre 0,4926g ± 0,0002de Nitrites de Sodium (NaNO₂), sécher pendant 2 heures à 105 °C dans 750 ml d'eau distillée compléter à 1L.

1ml=100g= 0,1mg de NO₂-N. Cette solution est stable pendant 1 mois à l'obscurité et à 4°C.

Courbe d'étalonnage :

Annexes

Solution fille 1 mg/l	0	1	2,5	5	7,5	10
Eau distillée (ml)	50	49	47,5	45	42,5	40
Réactif Mixte (ml)	1	1	1	1	1	1
Attendre 10 mn						
[NO ₂ ⁻] en mg/l	0	0.02	0.05	0.1	0.15	0.2

Dosage de nitrate

Réactifs :

-Solution de salicylate de sodium à 0.5 % (renouveler toutes les 24 h).

0.5g de salicylate de sodium dans 100 ml d'eau distillée.

-Solution d'hydroxyde de sodium 30 %.

30g de NaOH dans 100 ml d'eau distillée.

-H₂SO₄ concentré.

-Tartrate double de sodium et de potassium.

Hydroxyde de sodium Na OH..... 400 g.

Tartrate de sodium et de potassium60 g.

Eau distillée..... qsp 1000 ml.

Laisser refroidir avant de compléter à 1000 cc.

Cette solution doit être conservée dans un flacon de polyéthylène.

Solution mère d'azote d'origine nitrique à 1000 mg/L.

Nitrate de potassium anhydre 0.722 g.

Eau distillée..... 1000 ml.

Chloroforme..... 1 ml.

Solution fille d'azote d'origine nitrique à 5 mg/L.

Courbe d'étalonnage

N° de capsule	B	I	II	III	IV
Solution étalon 5 mg/L.	0	1	2	5	10
Eau distillée	10	9	8	5	0
Solution de salicylate de Na	1	1	1	1	1
Correspondant en mg/L de N nitrique	0	0.5	1	2.5	5

Détermination des phosphates**Réactifs :****Réactif- mélange :**

A- 13 g d'heptamolybdate d'ammonium qsp 100 ml H₂O distillée.

B- 0.35 g de tartrate d'antimoine qsp 100 ml H₂O distillée.

C- 150 ml d'acide sulfurique concentré qsp 300 ml H₂O distillée.

- Mélanger (A + C) + B = 500 ml (Stable pendant deux mois).

Acide ascorbique : - 10 g Acide ascorbique qsp 100 ml H₂O distillée. .

Solution mère d'orthophosphate à 50mg/l PO₄³⁻ :

Apartir de K₂HPO₄dipotassiumhydrogéné phosphate préalablement sécher pendant 2 h a105°C

- K₂HPO₄.....0,281g

- Eau Distillée.....1000 ml

- H₂SO₄ 4,5 N10 ml

A partir de solution d'acide sulfurique 9mol/l (50% eau + 50% H₂SO₄)

Prélever un volume de cette solution et diluer à 50%

Solution fille à 2 mg/L PO₄³⁻

20 ml de la solution à 50mg/L dans une fiole de 500 ml et compléter au volume, par l'eau distillée

Courbe d'étalonnage :

N° Fiole	0	1	2	3	4	5
Solution fille à 2.0 mg/l P	0 ml	0,3	0,6	1,2	2,4	4,8
Qsp 40 ml eau distillée	40 ml	40	40	40	40	40
Mg/l de P	0.0	0,0015	0,03	0,06	0,120	0,240
Mg/l de PO ₄ ³⁻	0.0	0,0459	0,0918	0,1836	0,3672	0,7340
Formule : $P \times 3.06 = PO_4^{3-}$						
Acide ascorbique	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml
Réactif –mélange	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml
Attendre 10 min						

Détermination du fer**Réactifs :****Tampon d'acétate :**

Dissoudre 40g d'acétate d'ammonium ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$) dans l'eau, ajouter 50 ml d'acide acétique cristallisable (CH_3COOH).

$\rho = 1,06\text{g/mL}$. Compléter à 100ml avec de l'eau.

Chlorhydrate d'hydroxylamine : solution à 100g/L.

Dissoudre 10g de chlorhydrate d'hydroxylamine ($\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HO}$) dans l'eau et compléter à 100ml. Cette solution reste stable pendant une semaine au moins.

Solution de phénanthroline-1,10 :

Alternativement dissoudre 0,42g de phénanthroline-1,10 mono hydratée ($\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) dans 100ml d'eau contenant 2 gouttes de la solution d'acide chlorhydrique.

Cette solution est stable pendant une semaine si elle est conservée à l'obscurité.

Solution mère : 1,0g de fer par litre.

Peser 4,9776g de sulfate de fer et d'ammonium (correspondant à 1g de fer) dans une fiole jaugée de 1000ml

Solution fille étalon de fer à 0,01 g/L.

Diluer 1/100 la solution précédente.

Gamme d'étalonnage :

Numéros de tube	T	1	2	3	4	5	6
Solution fille de fer à 0,01 g/L	0	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	5,0
Eau distillée (ml)	50	49,75	49,5	49	48	46	45
Solution Chlorhydrate d'hydroxylamine (ml)	1	1	1	1	1	1	1
Tampon d'acétate	2	2	2	2	2	2	2
Solution de phénanthroline-1,10	2	2	2	2	2	2	2
Correspondance en mg/L de fer par litre	0	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1

Annexes 2

Composition des milieux de culture

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

Gélose Tryptone Extrait de levure (TGEA)

Extrait de levure:.....	1,0 g.
Peptone de caséine:.....	5,0g.
Glucose:.....	1,0g.
Extrait de viande:.....	3,0g.
Agar:.....	18,0g.
Eau distillée:.....	1000 ml.

pH=7.

Autoclavage pendant 20 min à 120 °C.

Tergitol 7 et au TTC (base) - gélose lactose au [par type/germes] :

Peptone pancréatique de viande	10,0g.
Extrait de viande	5,0g.
Extrait autolytique de levure	6,0g.
Lactose	20,0g.
Tergitol 7	0,10g.
Bleu de bromothymol	0,050g.
Chlorure de 2, 3, 5 triphényltétrazolium	0,025g.
Agar agar	10,0g.
Eau distillée.	1000ml

pH du milieu prêt à l'emploi à 25°C : 7,2

Milieu «SHUBERT » (milieu indole mannitol) :

Tryptone :	0,2g.
Acide glutamique :	0,2g.
Sulfate de magnésium:.....	0,7g.

Annexes

Sulfate diammonium:	0,4g.
Citrate de sodium:	2g.
Tryptone oxide:	10g.
Mannitol	7,5g.
Eau distillée :	500g.

Milieu viande foie (VF) Préparation en 2 étapes :

Milieu de base :

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

Eau distillée : 1000ml Dissoudre les constituants, répartir entubes ou en flacon, Autoclavage (15min à 120 °C) Au moment de l'emploi :

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

Le pH final du milieu est de 7,4 à 7,6. à 45°

Milieu slanetz et Bartley :

La formule du milieu déshydraté complet en g/l d'eau distillée est:

Tryptone.....	20,0g
Extrait de levure.....	5,0g
Glucose.....	2,0g
Mono hydrophosphate de potassium(K_2HPO_4)	4,0g
Azide de sodium.....	0,40g
Agar.....	10,0g
Chlorure de triphényltétrazolium(TTC).....	50ml

pH final de milieu 7,2

Milieu BEA la gélose Bile-Esculine-Azide :

Tryptone.	17,0g
Peptone pepsique de viande	3,0g
Extrat de levure.	5,0g
Bile bœuf déshydratées.....	10,0g
Azide de sodium.	0,25g
Esculine.....	1.0g
Citrate ferriques ammoniacal	0.50g
Citrate de sodium.	1,0g
Chlorure de sodium.....	5,0g
Agar	13,0g
Eau distillée stérile.	1000ml

pH final de milieu 7,1 à température 8°C

Composition des Réactifs :

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

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

Préparation de Sulfite de sodium :

Sulfite de sodium pur :	1g.
Eau distillée :.....	9ml.

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

Alun de fer

Sulfate de fer :.....	1g.
Eau distillée stérile :.....	19ml.

Prépare aseptiquement sans autoclave.

Annexes3

Tableau 5 : Référence de qualité des paramètres physico-chimique dans l'eau destinée à la consommation humaine (O.M.S ,2011).

Paramètres	Unités	Les normes OMS
Turbidité	NTU	5
Potentiel Hydrogène	Unité pH	6,5 à 8,5
Conductivité	µs/cm à 20 °C	1500
TDS	mg/L	1000
Salinité	mg/L	1
Température	°C	Max 25
Dureté totale Th	Degré français °F	20 °F
Ca²⁺	mg/l	200
Mg²⁺	mg/L	50
Cl⁻	mg/L	Max 250
MO	mg/L	5
MES	mg/L	/
NO₂⁻	mg/L	Max 0.2
NH₄⁺	mg/L	Max 0.5
NO₃⁻	mg/L	Max 50
So₄²⁻	mg/L	Max 250
PO₄³⁻	mg/L	Max 0.5
Fe²⁺	mg/L	0.2

Tableau 6 : Référence de qualité des paramètres Bactériologique dans l'eau destinée à la consommation humaine (O.M.S ,2011).

Paramètres bactériologiques	Unités	Les normes OMS
GT	UFC/ml à 37 °c	100
CT	UFC/100ml	10
CF	UFC/100	0
Streptocoques Fécaux	UFC/100ml	0
ASR	UFC/20ml	0

