

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
جامعة عمار ثليجي بالأغواط
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT
كلية العلوم
FACULTE DES SCIENCES
قسم البيولوجيا
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière : Sciences Biologiques

Option : Microbiologie appliquée

Présenté par :

BOURAS Abde Rrahmane & ZIREGUE Abdeldjalil Khalil

THEME

**Evaluation de la qualité microbiologique de l'eau de
source de la région de Guerrara**

Devant le jury :

Président(e) : M GACEM M.A

MAA

UATL

Rapporteur : M ZIANE Mohammed

MCA

CUAT

Co-Rapporteur : M BENOMAR K Directeur de laboratoire Sud, Guerrara

Examineurs : M MOKHTAR RAHMANI M

MAA

UATL

Soutenu publiquement le : 21/06/2018.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant qui nous a donné le courage, la volonté et la patience pour réaliser ce travail.

*En second lieu, nous tenons à remercier notre encadreur Dr : **ZIANE Mohammed**, Maître de conférences classe A, au centre universitaire de Ain Témouchent, pour l'orientation, la confiance, la patience, et ses précieux conseils et son aide durant toute la période du travail. Qui a constitué un apport considérable sans lui ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port. Qu'il trouve dans ce travail un hommage vivant à sa haute personnalité. Nous remercions également M **BEN OMAR Kacem**, directeur de laboratoire « Sud » pour sa disponibilité, ses conseils et son soutien moral et matériels.*

Nous adressant également nos remerciements aux staffs de Laboratoire de Sud pour leur accueil chaleureux et leur soutien en matériel.

*Nos vifs remerciements vont également au M. **MOKHTAR RAHMANI Mohammed** & M. **GACEM Mohammed Amine** maîtres assistants classe A, à l'université de Laghouat pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail.*

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à nos parents et nos frères et sœurs, pour leur contribution, leur soutien et leur patience.

Nos remerciements s'étendent également à tous les enseignants qui nous ont enseigné durant les années des études et qui par leurs compétences nous ont soutenu dans la poursuite de nos études.

Nous souhaitant adresser également nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leur aide

Nous adressons aussi nos plus sincères remerciements à nos familles et nos amis, qui nous ont toujours encouragées au cours de la réalisation de ce mémoire.

Merci à tous et à toutes.

Nous remercions aussi à nos collègues de promo Master 2 microbiologie appliquée.

Enfin, on remercie tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

M Bouras A & M Ziregue A

Dédicace

Avant tout, je remercie mon dieu qui m'a donné la patience et la force pour réaliser ce travail. Je dédie ce modeste Travail à :

A celle qui ne cesse pas de sacrifier pour mon bien être.

A ma grande mère.

A ma chère mère.

A mon cher père.

A celui qui est la perle de ma vie.

A ma sœur : Souad, Sakhrira, Badra et Karima.

Aux enfants de ma sœur Souad : Mouncif, Lilya et Iline.

*A mes frères : Mouhamed , Safidin , Toufik, Ahmed , Omar , Abdelkader ,
Abdelmonim , Hadj aissa.*

A tout la famille Ziregue et Bourouiba.

*A ma chère femme pour son aide et ses
encouragements*

*A mes adorables grands parents : Hadj Ahmed et Hadja Zineb et Hadj Taiba qui
malheureusement n'a pas survit pour voir ma réussite.*

A mes Fidèles amis : Farouk, Lamine , Azedine , Omar.

*A mes collègues : Abdelrahman , Omar, Abdelkarim , Salami et toute la
promotion de Master 2 Microbiologie.*

*Je remercie mon binôme BOURAS Abderrahman qui a partagé avec moi, les bons
et les durs moments*

*A mon promoteur M. ZIANE Mohammed qui m'a donné l'aide et
l'encouragement de plus ou de loin , je dédie ce modeste travail.*

Abdeldjalil Khalil

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à la mémoire de ma grande mère qui aurait été fière de ma réussite.

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études.

A mes frères, Abdelahdi, Taha et Sif Eddinne et ma sœur Chaima Qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité.

*A toute ma famille, (surtout à mon oncle et sa femme, Mes tantes, cousins et cousines) pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,
Sans oublier surtout mon encadreur.*

A mon binôme Abdelajalil et toute la famille Ziregue.

Un merci particulier à mes amis, Moussa, Bachir et Hakim et Mohammed qui sont toujours là dans le meilleur et le pire.

*A tous mes collègues de la promotion master 2 microbiologie appliquée
(2017/2018).*

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible.

Je vous dis merci.

Abde Rrahmane

Sommaire

Liste des abréviations.....	i
Liste des tableaux.....	ii
Liste des figures.....	ii
INTRODUCTION.....	3
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE.....	2
Chapitre I	
GENERALITE SUR L'EAU DE CONSOMMATION	
I.1. Définition	4
I.2. Utilisation de l'eau.....	4
I.2.1. Dans l'agriculture.....	4
I.2.2. Consommation et usage humain	5
I.3. Caractéristiques de l'eau	5
I.3.1. Propreté physiques	5
I.3.2. Propriétés chimiques	5
I.3.3. Propreté biologique	6
I.3.4. Cycle de l'eau.....	6
I.2. Ressources des eaux.....	6
I.2.1. Eau Souterrains	7
I.2.2. Eau de Surface.....	7
I.2.3. Eaux de consommation	8
I.3. Classification des eaux destinées à la consommation Humaine	9
I.3.1.2. Eaux minérales naturelles.....	9
I.4. Qualité de L'eau.....	9
I.4.1. Qualité organoleptique	9
I.4.1.1. Couleur	9
I.4.1.3. Goût et saveur.....	10
I.5. Qualité physico-chimiques des eaux.....	10
I.5.1. Température	10
I.5.2. Dureté / Alcalinité	10
I.5.3. Conductivité	10
I.6. Qualité Microbiologique.....	11
I.7. Pollution des eaux.....	12

I.7.1. Les différents types de pollution des eaux	12
I.7.1.1. Définition	12
I.7.1.2. La pollution biologique	12
I.7.1.3. La pollution physique	13
I.7.1.4. La pollution chimique	13
I.7.1.5. La pollution radioactive	13

CHAPITRE 2

MICROBIOLOGIE DE L'EAU

II.1. Paramètres indicateurs de pollution microbiologique	14
II.2. Indicateurs usuels de contamination biologique	15
II.2.1. Les coliformes	15
II.2.2. Les streptocoques fécaux	15
II.2.3. Les Clostridiales réductrices des sulfites	16
II.3. Paramètres de qualité d'une eau destinée à la consommation humaine	16
II.3.1. Définition	16
II.3.2. Paramètres indicateurs de qualité de l'eau	16
II.3.3. Normes de qualité de l'eau	17
II.4. Germes à transmission hydrique	18
II.4.1. Les indices de la qualité hygiénique	18
II.4.2. Maladies a transmission hydrique « MTH »	18
II.4.3. Maladies à Transmission Hydrique en Algérie	18
II.5. Principaux axes du Programme national de lutte contre les MTH	19

PARTIE EXPERIMENTALE

III. MATERIEL ET METHODES

III.1. Matériel et méthodes	20
III.1.1. Echantillonnage, prélèvement et transport	20
III.1.2. Préparation des échantillons	20
III.2. Recherche de microorganismes dans les eaux de sources de Guerrara	20
III.2.5. Interprétations des résultats	27
IV. Résultats et discussion	28
IV.1. Résultats de recherche et de dénombrement de microorganismes dans les eaux	28
IV.1.1. Résultats de la recherche et dénombrement de germes totaux	28
Conclusion	36

Référence.....

Annexe.....

Liste des abréviations

BCPL : Bouillon lactose au propre de Bromocrésol.

Bouillon Rothe : Bouillon à l'azide de sodium.

TSN : Tryptophane Sulfite néomycine

CGP : Cocci germe positive.

D/C : Double concentration

S/C : Simple Concentration.

Eva Litsky : Bouillon à l'éthyle violet et azide de sodium.

G/1mL : Germe par 1 millilitre Double Concentration.

mg/L : Milligramme par litre.

mL : Millilitre.

MTH : Maladie transmutions hydrique

NA : Normes Algériennes.

OMS : Organisation Mondiale de la santé

TGEA : Tryptone Glucose Extract Agar.

Tableau : Nature de l'Echantillon de l'eau avec le numéro d'enregistrement au laboratoire

Echantillon	N° d'enregistrement au laboratoire
Eau de robinet Pâtisserie	191/18
Eau de robinet Maison A	192/18
Eau de Forage DRIN	217/18
Eau de robinet Maison K	218/18
Eau de robinet Maison B	219/18
Eau de robinet Forage BENAOUMEUR	264/18
Eau de robinet Bécis	265/18
Eau de Forage DRIN BN	267/18
Eau de robinet DRIN	266/18

Liste des tableaux

Tableau 01: Différence entre les eaux de surface et celles souterraines	8
Tableau 02: Classification des paramètres contrôlant la qualité de l'eau	11
Tableau 04: Causes de la contamination au niveau de la chaîne de l'eau	14
Tableau 05: Critères microbiologiques des eaux de consommation.....	17
Tableau 06: Critères microbiologiques de l'eau	27

Liste des figures

Figure 01: Structure tridimensionnelle d'une molécule de l'eau.	5
Figure 02: Schéma représentative de cycle de l'eau.	6
Figure 03: Test présomption de coliformes totaux, milieux utilisés durant cette étude.	22
Figure 04: Lecture des tubes de la recherche de coliformes totaux sur BCBL D/C.	23
Figure 05: Test conformation des coliformes fécaux.	23
Figure 06: Test de présomption des streptocoques fécaux.	24
Figure 07: Lecture des tubes test présomptive.	25
Figure 08: Test confirmatif des streptocoques fécaux.	25
Figure 09: Lecture de résultats de test de confirmation de streptocoque fécaux.	26
Figure 10 : Ensemencement des TSN par les échantillons de l'eau pour la recherche de clostridium sulfite-réducteur.	26
Figure 11: Résultats de dénombrement de germes à 22° et le classement de qualité de chaque échantillon. N : qualité non satisfaisante ; A : qualité acceptable et S : qualité satisfaisante.	29
Figure 12: Résultats de dénombrement de germes à 37°C et les classements de qualité de chaque échantillon. N : qualité non satisfaisante ; A : qualité acceptable et S : qualité satisfaisante.	30
Figure 13: Résultats de dénombrement de coliforme totaux et les classements de qualité de chaque échantillon. N : qualité non satisfaisante ; A : qualité acceptable et S : qualité satisfaisante.	31
Figure 14: Résultats de dénombrement de coliformes fécaux et les classements de qualité de chaque échantillon.	32
Figure 15: Résultats de dénombrement d'anaérobie sulfite réducteur et les classements de qualité de chaque échantillon.	34

INTRODUCTION

L'eau est un élément naturel d'une importance primordiale, indispensable à toute forme de vie et à toutes activités notamment humaines, d'un côté. Dans un autre côté, est un facteur de production déterminant dans le développement durable. Elle devient de plus en plus au centre des intérêts stratégiques, il est donc nécessaire d'avoir une meilleure connaissance sur les ressources en eaux existantes ainsi que sur leur qualité. L'eau en tant que liquide est considérée comme un solvant universel, elle se congèle à 0 °C et devient vapeur au-delà de sa température d'ébullition (100 °C).

En Algérie et spécialement dans les régions rurales, les populations s'approvisionnent des eaux de sources naturelles. En effet, elles sont très sollicitées par la population surtout grâce à la confiance portée à leur qualité microbiologique. La qualité microbiologiques et le niveau de contamination sont influencés par les conditions environnementales surtout ce que concerne l'apporte des microorganismes par les déchets ménagères, déchet animale...etc.

Dans cette étude nous tenterons d'évaluer la qualité microbiologique de l'eau de source dans la ville de Guerrara, Ghardaïa.

Pour atteindre notre objectif, nous avons partagé notre travail :

- ✓ Introduction ;
- ✓ une première partie théorique consacrée aux généralités sur les eaux en montrant leurs caractéristiques organoleptiques, physicochimiques et bactériologiques d'après les normes Algériennes ;
- ✓ Une deuxième partie réservée à la présentation des matériels et méthodes mis en œuvre dans ce travail, ainsi aux différents essais menés pour la mise au point des méthodes analytiques.
- ✓ Une troisième partie détaille la discussion des résultats obtenus ainsi que leur interprétation, suivie par une conclusion générale.

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I
GENERALITE SUR L'EAU DE CONSOMMATION

I. 1. Définition

L'eau est un composé chimique simple, liquide à température ambiante. A pression ambiante (1 atmosphère), l'eau est gazeuse au-dessus de 100 C° et solide en dessous de 0 C°. Sa formule chimique est H₂O, c'est-à-dire que chaque molécule d'eau se compose d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène (Hamed et *al.*, 2012). L'eau se trouve presque partout sur la terre et elle est vitale pour tous les organismes vivants connus, près de 70% de la surface de la terre est recouverte d'eau, essentiellement sous forme d'océans. Une étendue d'eau peut être un océan, une mer, un lac, un étang, une rivière, un ruisseau, un canal. La circulation de l'eau au sein des différents compartiments terrestres est décrite par son cycle biogéochimique,

L'eau liquide (H₂O) est souvent perçue comme une substance assez ordinaire car elle est transparente, inodore, insipide et se présente sur terre en grande quantité. Cependant, c'est un composé chimique remarquable. Bien que nous la buvions et que nous l'utilisons pour laver, pêcher ou cuisiner, nous oublions presque toujours la relation spéciale qu'elle a avec nos vies (**Rodriguez**, 2004).

L'eau comme ressource naturelle est indispensable à la vie, qu'elle soit d'origine souterraine ou superficielle, les eaux utilisées pour l'alimentation humaine sont rarement consommables telles quelles. Il est nécessaire de leur appliquer un traitement, ne serait-ce qu'une désinfection dans le cas des eaux souterraines. L'eau que nous utilisons couramment est celle des lacs et des rivières, elle constitue seulement 1% de l'eau disponible sur terre (**Rodriguez**, 2004).

L'eau naturelle filtrée est en général une solution ou on peut trouver :

- ✓ Des sels minéraux - Des gaz en solution (O₂/ N₂, CO₂...).
- ✓ Des substances organiques.

I.2. Utilisation de l'eau

L'eau est indispensable à la vie dont les usages sont multiples :

I.2.1. Dans l'agriculture

Les utilisations de l'eau en agriculture sont immenses :

L'eau est indispensable aux cultures qui sont de plus en plus souvent irriguées, et permet également l'alimentation de tous les animaux d'élevage (Faurie et *al.*, 1998).

I.2.2. Consommation et usage humain

elle est utilisé pour la consommation quotidienne par l'homme ainsi que pour son hygiène et ses loisirs (Faurie et *al.*, 1998).

I.3. Caractéristiques de l'eau

I.3.1. Propreté physiques

- ✓ L'eau semble, à première vue, être une molécule très simple, se composant de justes deux atomes d'hydrogène liés à un atome d'oxygène (Figure 1). En effet, il y a très peu des molécules qui sont plus petites ou plus légères qu'elle. Cependant, la taille de la molécule d'eau montre la complexité de ses actions ainsi que ses capacités uniques et ses propriétés anormales semblent s'adapter idéalement pour créer les conditions de la vie (Rodriguez, 2004). L'eau présente les caractéristiques physiques suivantes : $M=18.01528$ g/mol.
- ✓ Température de fusion : $0\text{ c }0$ (273,015k).
- ✓ Masse volumique de l'eau liquide $\rho=1.000\text{kg/l}$ (40c)
- ✓ Température d'ébullition : $T_{eb} =100^{\circ}\text{C}$ (375.15°k) Masse volumique de l'eau solide :
- ✓ $\rho = 00.9166\text{Kg/l}$ (0°C , 1 atm) (Jacques, 2003).

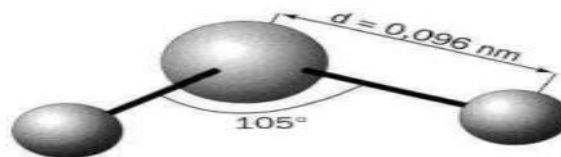


Figure 01: Structure tridimensionnelle d'une molécule de l'eau.

I.3.2. Propriétés chimiques

La molécule de l'eau est triangulaire, sa géométrie est indiquée dans la figure 1. La distance entre l'atome d'oxygène et les atomes d'hydrogènes est $d = 0,096$ nm, l'angle entre les atomes d'hydrogènes est $\beta=105^{\circ}$ (Jacques, 2003).

I.3.3. Propreté biologique

Les molécules composantes de l'eau, l'oxygène et le dioxyde de carbone contribuent à créer des conditions favorables au développement des être vivants. La figure 2, illustre le cycle biologique de l'eau (Jacques, 2003).

I.4. Cycle de l'eau

Les eaux de surface résultent des précipitations qui s'évapore et retourne dans l'air sous forme de vapeur d'eau. Elle durcit à cause du froid, ou s'écoule à la surface du sol et pénètre jusqu'à la nappe phréatique. Le cycle de l'eau se fait donc, par évaporation permanente des eaux de mer ou de rivière, formant des nuages et des brouillards, puis retombent sous forme de précipitations (pluie ou neige). On constate que la vie humaine se situe dans une zone relativement courte du cycle de l'eau qui est illustré sur la figure 2. (Valentin, 2000).

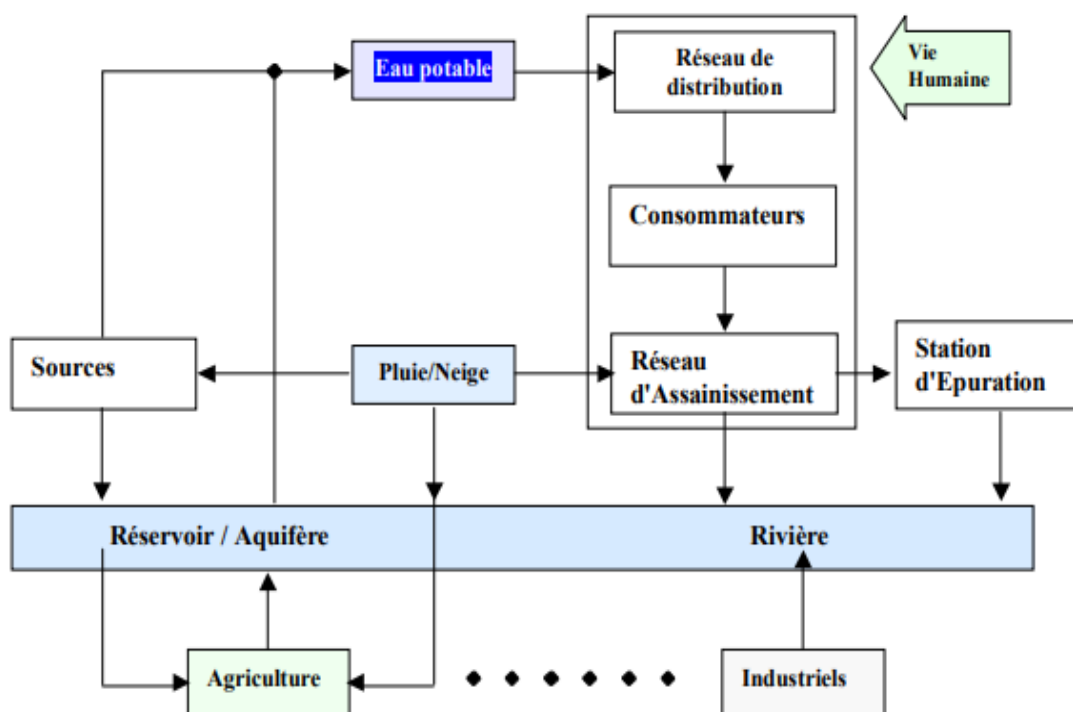


Figure 02: Schéma représentative de cycle de l'eau.

I.2. Ressources des eaux

Les réserves disponibles en eau naturelle sont constitués d'eaux souterraines (nappe souterraines) des eaux terrestres (barrage, lacs, rivière), des eaux de surface, et en eaux de mer (Perry *et al.*, 2004).

I.2.1. Eau Souterrains

Les eaux qui ne sont ni ré-évaporées, ni retournées à la mer par ruissellement, s'infiltrant dans le sol et le sous-sol et s'y accumulent pour constituer les eaux souterraines. La pénétration et la rétention des eaux dans le sol dépendent des caractéristiques des terrains en cause et notamment de leur structure qui peut permettre la formation de réservoirs aquifères appelés nappes (Mokdadi et *al.*, 2015). Les principales différences entre les eaux de surface et celles souterraines sont regroupées dans le tableau 01.

I.2.2. Eau de Surface

Les principales sources d'eau potable sont les eaux de surface. Ces eaux s'avèrent souvent impropres à la consommation en raison de la pollution générée par nos activités urbaines, industrielles et agricoles. En effet, la qualité des eaux de surface varie selon les régions et les périodes de l'année. La nature et l'intensité des activités ne permettent pas toujours au cours d'eau de diluer ou de neutraliser la pollution à un niveau acceptable, si bien que l'eau ne peut pas être utilisée pour la consommation. L'emplacement des prises d'eau par rapport aux sources de pollution est aussi déterminant pour la qualité de l'eau. Il convient ainsi de situer la prise d'eau en amont d'une source importante de pollution et de protéger cette prise d'eau en interdisant l'émission de contaminants aux alentours dans une zone d'une étendue respectable.

Tableau 1: Différence entre les eaux de surface et celles souterraines (Mokdadi et *al.*, 2015).

Caractéristique	Eau de Surface	Eau de Souterraines
Température	Variable suivant les saisons	Relativement constante
Couleur	Liée surtout aux MES sauf dans les eaux très douces et acides	Liée surtout aux matières en solutions (acides humiques)
Minéralisé globale	Variable en fonction des terrains, des précipitations	Sensiblement constante en générale nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région
Fe ²⁺ et Mn ²⁺	Généralement absent, sauf en profondeur des pièces d'eaux en état d'eutrophisation	Généralement présente
CO ₂ agressif	Généralement absent	Souvent présent en grand quantité
O ₂ dissous	La plus souvent au voisinage de la saturation.	Absent la plupart du temps
H ₂ S	Généralement présente	Souvent présent
NH ⁴⁺	Présent seulement dans les eaux polluées	Présent fréquemment sans être un indice systématique de pollution bactérienne
Nitrate, Nitrite, Silice	Peu abondant en générale	Teneur souvent élevée
Micropolluant minéraux et organique	Présent dans les eaux de payes développées, mais susceptible de disparaître rapidement après suppression des sources	Généralement absents mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps
Elément vivants	Bactérie (dont certain pathogène) virus, plancton (animale et végétale)	Ferro bactérie fréquents

I.2.3. Eaux de consommation

L'eau est vitale à l'Homme, elle sert de solvants à beaucoup de constituants c'est pourquoi ce besoin doit être assuré en faisant rentrer de l'eau dans l'organisme. La quantité d'eau est variable car elle dépend du poids, de l'âge, du sexe, de la santé, de l'individu mais aussi des conditions climatiques. Cette eau se retrouve dans les boissons (2/3) et les aliments (1/3), on en a besoin entre 1,5L et 2L par jour. D'autre part l'eau de l'alimentation, est une source de sels minéraux, comme le calcium, le fer, le magnésium, le fluor. Ces besoins en sels minéraux de l'eau représente ¼ de nos besoins. L'eau de consommation est de l'eau douce qui représente 3% de l'hydrosphère, dont 0,6% est réservé à l'Homme, et 2% aux glaciers. Cela

entraîne de nouvelles techniques pour obtenir de l'eau douce => dessalement de l'eau de mer, ou recyclage de l'eau usagée pour les rendre potables.

I.3. Classification des eaux destinées à la consommation Humaine

I.3.1.1. Eaux potables destinées à la consommation Humaine (EPDCH)

- Eau d'adduction publique (eau du robinet)
- Eau utilisée dans l'industrie alimentaire.
- “Eau potable” pré-emballée - “Eau de source” pré-emballée.
- L'eau de source est d'origine sous-terrainne, normalement protégée contre la pollution éventuelle. Donc ces eaux de source sont directement aptes à la consommation humaine, sans traitement ni adjonction de produits autre que la décantation ou la filtration, ou l'incorporation de CO₂. Ces différentes eaux doivent répondre à une certaine réglementation.

I.3.1.2. Eaux minérales naturelles

Elles sont également d'origine sous-terrainne mais fortement minéralisée et dont la concentration en ions est parfois bien supérieure à la concentration définie pour les EPDCH. Leur concentration en ions est toujours parfaitement définie et stable. Ex: [Ca²⁺] Hépar = 560 mg/L or la norme est de 100 mg/L. Les eaux minérales sont des eaux de consommation à rôle thérapeutique (rôle détritique, etc..).

I.4. Qualité de L'eau

I.4.1. Qualité organoleptique

Les facteurs organoleptiques (couleur, saveur, turbidité et odeur) constituent souvent les facteurs d'alerte pour une pollution sans présenter à coup sûr un risque pour la santé.

I.4.1.1. Couleur

Une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité (Rodier, 2005).

I.4.1.2. Odeur

Toute odeur est un signe de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition. L'odeur peut être définie comme :

- L'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles.
- La qualité de cette sensation particulière est provoquée par chacune de ces substances (Rodier, 2005)

I.4.1.3. Goût et saveur

Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lors de la boisson est dans la bouche.

La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs (Rodier, 2005).

I.5. Qualité physico-chimiques des eaux

I.5.1. Température

Par exemple l'eau d'adduction publique $T^{\circ}\text{C} < 25^{\circ}\text{C}$ pH: Il est normalement compris entre $6,5 < \text{pH} < 9$. Généralement pour les eaux sous-terraines: $\text{pH} = 7$. Le pH dépend des concentrations de CO_2 et d' HCO_3^- - dissouts.

I.5.2. Dureté / Alcalinité

On détermine le Titre hydrotimétrique (total) de l'eau = $\text{TH}(t)$ $\text{TH} = \Sigma \text{TH} [\text{Ca}^{2+}] + \text{TH} [\text{Mg}^{+}]$ Ce TH se mesure par dosage à l'EDTA qui complexe les ions Ca^{2+} et Mg^{+} . Le TH peut être remplacé par la Titre Alcalimétrie complet = TAC qui mesure la concentration des ions HCO_3^- - mais aussi la concentration des ions CO_3^{2-} . Il ne faut pas dépasser TAC = 50 degrés français.

I.5.3. Conductivité

Elle se mesure en μS (microsiemens). Cela nous donne une idée générale sur la salinité et la minéralisation de l'eau.

- Paramètres indésirables Ils provoquent soit des désagréments pour le consommateur soit un effet gênant sur sa santé. Matières Organiques (dissoutes dans l'eau) Elles sont

mesurées et évaluées par plusieurs méthodes, notamment la détermination de la quantité de $KMnO_4$ nécessaire à l'oxydation totale des matières organiques. On parle de l'indice de permanganate. NO_3^- et NO_2^- et les autres paramètres ils existent des normes pour les nitrates car ils sont potentiellement cancérigènes. Ils sont également mauvais pour l'Environnement => prolifération d'algues microscopiques dans les eaux de surfaces.

- Substances toxiques et apparentées Associé aux substances dangereuses pour la santé en cas de consommation. Généralement il s'agit de métaux lourds, de pesticides et dérivés. Ces substances ne sont pas généralement présentent dans l'eau, elles y arrivent par pollution notamment les rejets industriels ou agricoles. Cas particulier: le plomb. Trop de plomb a un effet sur l'humeur (irritabilité), sur le sommeil et les capacités intellectuelles; on l'appel "Saturnisme".

I.6. Qualité Microbiologique

L'eau ne doit contenir ni microbes, ni bactéries pathogènes, ni virus qui pourraient entrainer une contamination biologique et être la cause d'une épidémie. Le dénombrement bactérien consiste à la recherche des bactéries aérobie, c'est-à-dire celles qui pourraient se développé en présence d'oxygène. • Coliforme fécaux • Coliforme totaux • Germe totaux • streptocoques fécaux (Hamed et *al.*, 2012).

Tableau 02: Classification des paramètrer contrôle la qualité de l'eau.

Paramètre	Exemple
4 organoleptique	Couleur, turbidité, odeur, saveur
15 physico-chimique liés à la structure naturelle de l'eau	Température, pH, chlorure, sulfate, magnésium, sodium, potassium,
24 substances indésirables	Nitrates, nitrites, hydrocarbures, détergent, phénols, fer, morganés, fluor, argent
13 substances toxiques	Arsenic, cadmium, mercure, chrome, plomb, nickel, hydrocarbure polycyclique aromatique
Pesticides	Aldrin, dieldrine, hexa chlorobenzène,
08 microbiologiques	Coliforme, streptocoque, salmonelle, entérovirus, staphylocoques, bactériophage fécaux

I.7. Pollution des eaux

La pollution des eaux est définie comme « tout changement défavorable des caractéristiques naturelles (biologiques ou physico-chimiques) dont les causes sont directement ou indirectement en relation avec les activités humaines ». La mauvaise qualité de l'eau peut être induite par des activités anthropiques ou par des phénomènes naturels. Dans la plupart des cas la pollution apparait comme un dépassement aux normes définie en fonction des usages de l'eau.

Selon leur origine et du fait que la formation de la pluie résulte de la condensation de l'eau contenu dans l'air mais l'air contient aussi des particules et des gaz d'origine naturelle et/ou d'origine humaine qui se dispersent, circulent dans l'atmosphère et vont se déposer au sol soit par temps sec soit par temps humide, au contact de l'eau, les gaz peuvent se transformer en acides. La pluie va donc naturellement se charger d'acides et de particules. Il y'a un lien naturel entre pollution atmosphérique et pollution de la pluie.

Contenu de tous ces facteurs on en distingue 4 groupes de pollutions : la pollution organique, la pollution biologique (les microorganismes), la pollution physique, la pollution chimique.

Le digramme ci-dessous a été construit à partir des directives de water sur les différents types de pollutions susceptible de contaminer l'eau :

I.7.1. Les différents types de pollution des eaux

I.7.1.1. Définition

La pollution est une modification généralement provoquée par l'homme dans la qualité de l'eau, qui la rend impropre ou dangereuse à la consommation humaine ou à d'autres usages (Vaillant, 1973)

I.7.1.2. La pollution biologique

Ce type de pollution est souvent le fait des rejets d'eaux d'égouts domestiques et de la présence de matières fécales dans la nature. De nombreux microorganismes vivants naturellement dans l'intestin de l'homme et des animaux peuvent survivre assez longtemps dans l'eau. Toutefois l'eau peut abriter des bactéries, mycètes, protozoaires, des virus etc. (Regnault, 1990)

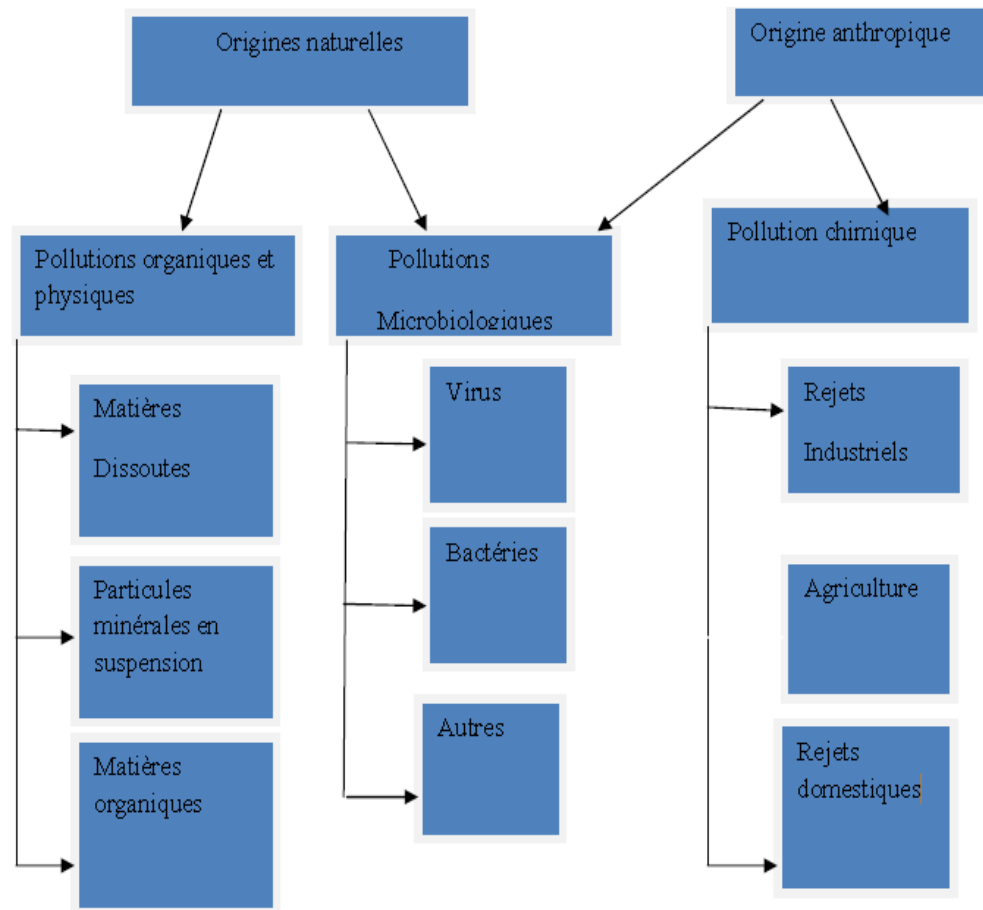


Figure 03 : Origine des différentes pollutions rencontrées dans l'eau.

I.7.1.3. La pollution physique

C'est une pollution qui est due à la présence de matières en suspension parfois de colloïdes, elle se traduit par un trouble ou une coloration plus ou moins prononcée (Leroy, 1999).

I.7.1.4. La pollution chimique

Due à des substances en solution, se traduit par un changement de saveur (eau salée ou saumâtre) parfois par l'apparition d'un caractère toxique lorsque le corps dissout est un poison (Leroy, 1999).

I.7.1.5. La pollution radioactive

Elle est souvent due à la proximité d'une centrale nucléaire, reste négligeable même si elle est la plus redoutée (Leroy, 1999).

CHAPITRE 2
MICROBIOLOGIE DE L'EAU

II.1. Paramètres indicateurs de pollution microbiologique

Les indicateurs de pollution microbiologique sont un ensemble de micro-organismes d'origine fécale recherchés à la place des germes pathogènes dans l'eau et les aliments, et dont la présence traduit la possibilité de présence de pathogènes dans l'échantillon analysé.

En microbiologie, on estime qu'un indicateur de contamination devrait présenter les caractéristiques suivantes :

- être très abondants dans les excréments humains et/ou animaux et absents ou simplement peu nombreux dans les autres milieux ;
- être faciles à isoler, à identifier et à dénombrer ;
- être incapables de se développer dans l'eau ;
- vivre plus longtemps que les germes pathogènes dans l'eau ;
- être plus résistants que les micro-organismes pathogènes aux désinfectants ;
- être sans risque pour le manipulateur ;
- les indicateurs doivent être faciles à isoler, à identifier et à dénombrer à faible concentration dans le milieu extérieur (Agama, 1999) ;

Le tableau 4 montre les origines de contaminations dans les eaux.

Tableau 03: Causes de la contamination au niveau de la chaîne de l'eau.

Les principales causes de la contamination	
Points d'accès aux sources	- Manque ou insuffisance de nettoyage et d'entretien des ouvrages (particulièrement les châteaux d'eau) - Manque d'hygiène et d'assainissement dans les environs proches des sources d'eau
La chaîne d'eau	causes de la contamination
1. Collecte	-l'eau qui touche les mains ou les récipients sales avant d'être collectée
2. Transport	- En plus des sources d'accès qui sont parfois contaminées, les moyens les plus utilisés pour le transport de l'eau sont en général sales et non couverts, où les usagers mettent souvent les doigts, mettent des branches ou plastique dans l'eau pendant le transport pour éviter le déversement
3. Stockage	Les moyens utilisés ne sont pas désinfectés (bidon, gerba et canari) et pour certains sans couvercles, par terre et exposés aux insectes
4. Utilisation	Les cafetières, vers etc. utilisés pour boire l'eau sont souvent contaminées par les mains et bouches des usagers ainsi que par les mouches. Ces vers sont souvent immergés dans l'eau stockée.

II.2. Indicateurs usuels de contamination biologique

Selon l'OMS (2000) les dangers microbiens demeurent une préoccupation de premier plan tant dans les pays en développement que dans les pays développés. Les risques microbiologiques priment sur les risques chimiques. Les indicateurs de contamination biologique sont généralement des germes (en formes de bâtonnets) témoins de contamination fécale. La famille des coliformes constitue de bons indicateurs de contamination fécale. Parmi elles il existe :

II.2.1. Les coliformes

Le groupe des bactéries coliformes regroupent les coliformes totaux, les coliformes fécaux et *Escherichia coli* (*E coli*). Le terme coliforme se rapporte à des bactéries aptes à se développer en présence de sels biliaries et capables de faire fermenter le lactose à 35 ou 37°C en produisant de l'acide et de l'aldéhyde dans les 24 à 48 heures .

Parmi les coliformes totaux, un sous-groupe les coliformes fécaux se distinguent par leur capacité à fermenter le lactose $44,5 \pm 0,2$ °C en 24 ± 2 h. Il s'agit d'*Escherichia coli*, de *Citrobacter* et de *Klebsiella* .

A la fin du 19e siècle, on a reconnu *E. coli* comme un indicateur déterminant de la qualité de l'eau potable sur le plan bactériologique. En effet c'est la seule espèce du groupe des coliformes que l'on trouve exclusivement dans le tractus intestinal des êtres humains et d'autres animaux à sang chaud et qui est excrétée en grand nombre dans les matières fécales (Dupeyron, 1997).

II.2.2. Les streptocoques fécaux

Leur apparition dans l'eau est en général l'indice d'une pollution fécale. Ils sont plus résistants aux désinfectants que les coliformes. Pour le contrôle de la qualité d'eau potable ils sont rarement recommandés parce qu'ils persistent dans les eaux modérément chargées en sels. Quand ces bactéries font office d'indicateurs complémentaires, le rapport du nombre des coliformes fécaux à celui des streptocoques fécaux doit être supérieur à 3 pour situer l'origine de la pollution fécale dans les eaux brutes fortement polluées (Dupeyron, 1997).

II.2.3. Les Clostridiales réductrices des sulfites

Ce sont des organismes produisant des spores ; le plus caractéristique est *Clostridiale perfringens* normalement présent en plus petit nombre dans les fèces que *E. Coli* .

Généralement on ne tient pas compte de ces micro-organismes dans la surveillance de routine des réseaux de distribution : ils tendent à survivre et à s'accumuler et on risque alors de les rencontrer très loin dans le temps et l'espace du point de vue de l'origine de la pollution (Dupeyron, 1997).

II.3. Paramètres de qualité d'une eau destinée à la consommation humaine

II.3.1. Définition

Une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé. Elle doit être limpide, incolore, inodore et agréable au goût ; elle ne doit renfermer aucun germe pathogène, ni aucun élément toxique (OMS, 2000).

- L'accès à l'eau potable est un indicateur représentant la part de la population disposant d'un accès raisonnable à une quantité adéquate d'eau potable et qui utilise des sources d'eau potables telles que le raccordement à domicile, les bornes fontaines publiques, puits protégés, sources protégées. Selon l'OMS la quantité adéquate d'eau potable représente au minimum 20 litres d'eau par habitants et par jour.
- L'accès raisonnable à l'eau potable est une eau potable disponible à moins de quinze minutes de marche.

II.3.2. Paramètres indicateurs de qualité de l'eau

L'eau de consommation est dite potable lorsqu'elle respecte des normes admises par la communauté internationale des scientifiques et celles fixées par l'OMS. De manière très spécifique ces normes concernent l'aspect (couleur, odeur, goût), la non toxicité, et surtout l'absence de germes de pathogènes et d'organismes parasites responsables de maladies contagieuses. En République du Bénin le décret No 2001-94 du 20 Février 2001 fixe les normes de qualité de l'eau potable.

Selon les directives de qualité pour l'eau de boisson (OMS, 2000), les paramètres de qualité peuvent se résumer en :

- paramètres organoleptiques (couleur, odeur, saveur, turbidité) ;

- paramètres physico-chimiques en relation avec la composition naturelle des eaux (température, chlorures, sulfates, magnésium, sodium, aluminium, résidus secs) ;
- paramètres concernant les substances indésirables (nitrates, azote de kjeldahl, oxydabilité au permanganate de potassium, phosphore, zinc, argent, fluor, etc..) ;
- paramètres concernant les substances toxiques (arsenic, cadmium, plomb, antimoine, sélénium, hydrocarbures polycycliques aromatiques) ;
- paramètres microbiologiques (salmonelles, staphylocoques pathogènes, bactériophages fécaux, entérovirus, coliformes, spores de bactéries anaérobies sulfitoréductrices, *Pseudomonas*) ;
- pesticides et produits apparentés ;
- paramètres concernant les eaux adoucies (dureté, alcalinité) (Bourgon et *al.*, 1998).

II.3.3. Normes de qualité de l'eau

Les normes relatives à la qualité de l'eau de boisson sont en général un document établi par consensus, proposées au niveau mondial par l'OMS et reprises localement par des organismes nationaux ou supranationaux. Ces normes fournissent pour des usages communs et répétés, des règles ou lignes directives de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de boisson garantissant une eau de consommation exempte de toutes substances toxiques ou germes pathogènes. Le tableau 1 présente les lignes directives de qualité de l'eau de boisson selon l'OMS, l'union européenne et l'Algérie.

Tableau 4: Modifications apportées par la norme de 2017 aux critères microbiologiques des eaux de consommation régi par la réglementation de 1998.

Déterminations		Norme 1998		Norme 2017		Méthode d'analyse
		n	m	n	m	
Germes aérobies revivifiables (UFC/ml)	à 22°C	1	<10 ²	/		ISO 6222
	à 37 °C		20	/		
Coliformes totaux	100 mL		<10	5	Absence	ISO 4831
	250mL					
Coliformes fécaux (/100 ml)			Absence	/		ISO 7899-1
Streptocoques fécaux (/50ml)			Absence	/		ISO 7937
Spores d'anaérobies sulfito-réducteurs	UFC/mL		Absence	/		
	UFC/20m L		<5			

	UFC/50m L	/	5	Absence	*
<i>Pseudomonas aeroginosa</i>	/	/	5		*as
<i>E. coli</i> dans 250mL	/	/	5	Absence	*
Entérocoques dans 250mL	/	/	5	Absence	*

/ : n'est pas recherché, * en cours de validation

II.4. Germes à transmission hydrique

II.4.1. Les indices de la qualité hygiénique

Ci après la synthèse des germes à transmission hydrique.

Les indices de la qualité hygiénique	Les indices de la contamination fécale	Autre indice sanitaire
1-La flore mésophile	1-Les coliformes totaux 2-Les coliformes fécaux <ul style="list-style-type: none"> • a)- Escherichia Coli • b)-Klebsiella • c)-Citrobacter • d)-Enterobacter • e)-Hafnia 	1-Les salmonelles Ces bactéries peuvent causer : -Les fièvres typhoïdes -Des Gastro-entérites
2-Les entérobactéries	2-Les streptocoques	2-Les vibrions
	3-Clostridium sulfito-réducteurs	

II.4.2. Maladies a transmission hydrique « MTH »

Le mot MTH recouvre un large spectre de pathologie d'origine bactérienne parasitaire ou virale dont l'élément commun est le mode de contamination : l'eau. Maladie à déclaration obligatoire.

II.4.3. Maladies à Transmission Hydrique en Algérie

En Algérie, les maladies hydriques ont toujours sévi à l'état endémique. La dégradation de l'hygiène du milieu, l'explosion démographique et l'urbanisation anarchique, ont favorisé depuis les années 1980, l'éclosion de multiples foyers de ces maladies qui déterminent souvent d'importantes flambées épidémiques estivo- automnales : de choléra, de fièvre typhoïde et d'hépatites virales à travers tout le pays (**Relevé épidémiologique mensuel** - REM- INSP 1998 — ALGER).

Actuellement ces affections conservent leur prééminent ce sur toutes les autres maladies à déclaration obligatoire.

Les maladies hydriques représentent à elles seules : 39 % de l'ensemble des maladies déclarées. On estime que le taux d'incidence global des maladies à transmission hydrique à travers le pays est de l'ordre de 30 cas pour 100.000 habitants (**Relevé épidémiologique mensuel** - REM- INSP 1998 — ALGER).

II.5. Principaux axes du Programme national de lutte contre les MTH

Les actions La lutte contre les MTH ne relève pas du seul secteur de la santé mais d'une coordination étroite et suivi de tous les secteurs concernés Un comité interministériel a été institué en date du 02 mars 1987, est chargé de la mise en œuvre du suivi et d'évaluation du programme national de lutte contre les MTH Les principaux axes du programme de lutte contre les MTH sont :

- les actions relevant menées par les services de santé : surveillance épidémiologique des MTH et contrôle systématique des points de vente des aliments et de l'eau de boisson.
- Des actions menées par les communes : l'entretien et la protection des ouvrages d'adduction d'eau, l'assainissement et le control des puits.
- du secteur de l'hydraulique : la prise en charge des réseaux de distribution d'eau, l'assainissement (l'évacuation et le traitement des eaux usées).

PARTIE EXPERIMENTALE

III. MATERIEL ET METHODES

III.1. Matériel et méthodes

Ce travail a été réalisé au niveau de laboratoire de contrôle de qualité, laboratoire de Sud du commun de Guerrara, Ghardaïa, Algérie.

III.1.1. Echantillonnage, prélèvement et transport

Au total 9 échantillons des eaux de sources ont été prélevés de l'ensemble de sources d'eau de la ville de El Guerrara, Ghardaïa, à partir desquels la population (60000 habitants) de la ville guerrara s'approvisionne.

Les échantillons ont été prélevés aseptiquement dans des flacons stériles puis transportés aux laboratoires à 4°C. Les échantillons ont été analysés le jour même de prélèvement au niveau de laboratoire sud.

III.1.2. Préparation des échantillons

Les échantillons ont été préparés comme décrit par les méthodes. Elle consiste à préparer des dilutions décimales à partir de chaque échantillon prélevé. Ensuite, la recherche des microorganismes était effectuée selon la technique adaptée pour chaque microorganisme, soit sur milieu solide et/ou en bouillon.

III.2. Recherche de microorganismes dans les eaux de sources de Guerrara

La recherche de microorganisme dans les eaux de sources a été réalisée suivant la norme algérienne de 1998 (Annexe 02). Le travail a été entamé avant l'application en vigueur de la norme de 2017.

III.2.1. Recherche des germes totaux

Elle consiste à rechercher l'ensemble de micro-organismes (bactéries, levures et moisissures) capables de former des colonies dans ou sur le milieu de culture spécifié dans les conditions d'essai décrites.

En effet, à partir de l'eau à analyser, un volume de 1 mL est porté dans une boîte de Pétri vide préparée à cet usage et numérotées. Deux boîtes sont préparées. Ensuite, 5mL de gélose TGEA (Annexe 04) est coulé dans les boîtes puis mélangée avec précaution en mouvement rotatoire puis laissée solidifiée.

En fin, les boîtes sont incubées :

- une à 37 °C pendant 24 h à 48 h ;

- autre à 22 °C pendant 72 h.

La lecture se fait après chaque 24h en calculant le nombre de colonies formées présentes dans un millilitre d'échantillon selon la formule (NA1198 :1995 ; ISO 6888) suivante :

$$N = \frac{\Sigma C}{V (n1 + 0.1n2) d}$$

Où :

ΣC : est le nombre des colonies comptées sur une boîte retenue des dilutions effectuées;

V : est le volume de l'inoculum appliqué à chaque boîte, en millilitres;

n1 : est le nombre des boîtes retenues à la première dilution;

n2 : est le nombre des boîtes retenues à la seconde dilution;

d : est le taux de dilution correspondant à la première dilution retenue.

Les résultats sont exprimés en germes par mL.

III.2.2. Recherche et dénombrement des coliformes en milieux liquides (Méthode de NPP)

D'abord, les coliformes totaux sont recherche (test de présomption) puis confirmés (test de confirmation).

Test de présomption

A partir de l'eau à analyser, un volume de 10 mL est rempli dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham. Puis, 1mL est également met dans un tube contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham et enfin 50 mL déposé dans un flacon contenant 50 mL de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham. Le gaz présent éventuellement dans les cloches est chassé puis le milieu est agité. Après ensemencement, les milieux sont incubés à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

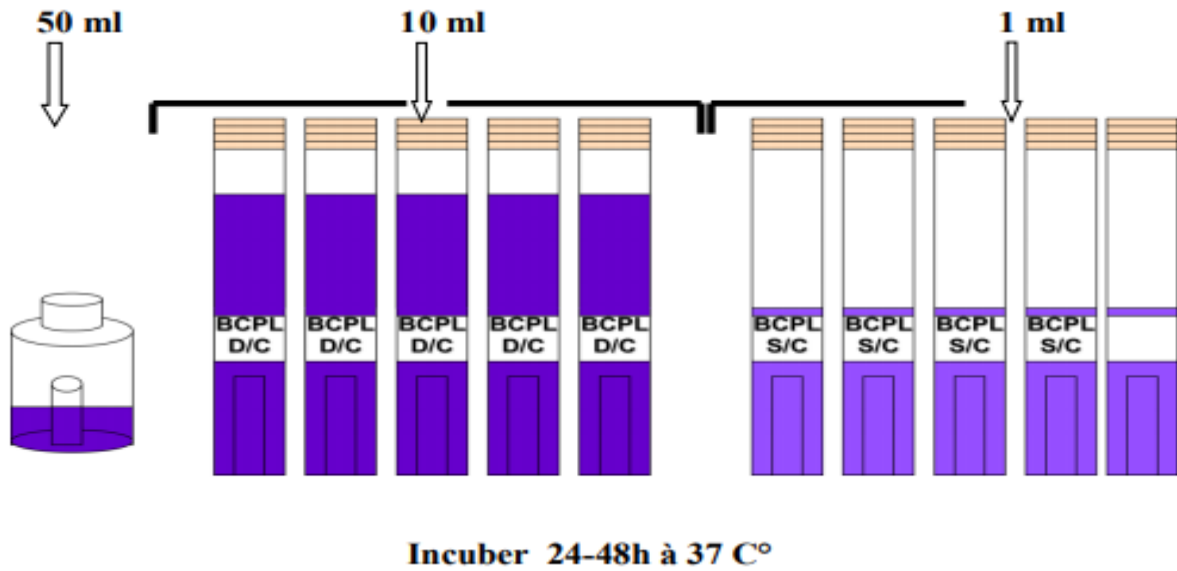


Figure 03: Test présomption de coliformes totaux, milieux utilisés durant cette étude.

Les tubes considérés comme positif + sont à la fois (Figure 03):

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

- La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table de Mac Grady NPP (Annexe 01).

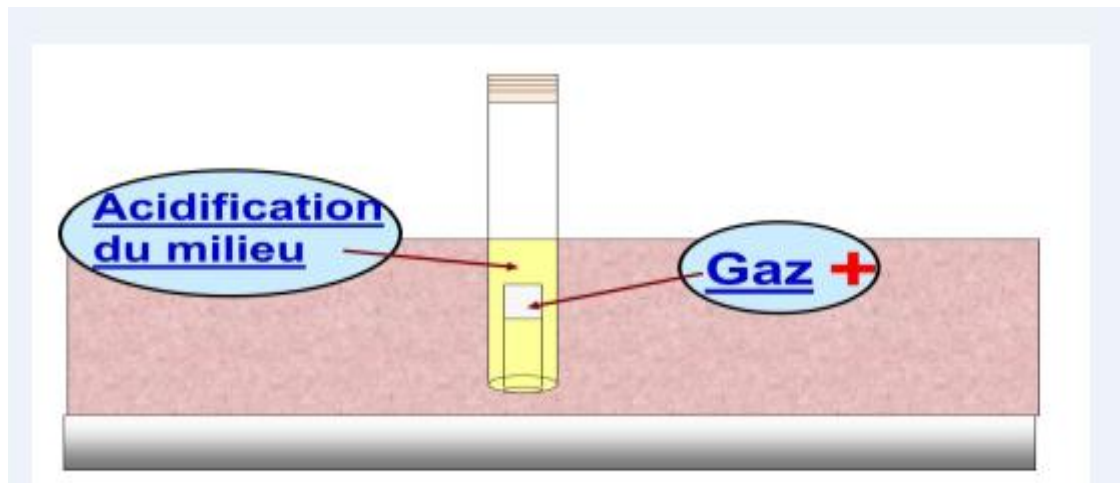


Figure 04: Lecture des tubes de la recherche de coliformes totaux sur BCBL D/C.

Test de confirmation

Le test de confirmation ou test de Mac Kenzie est basé sur la recherche de coliformes fécaux qui permet de soupçonner la présence d'*Escherichia Coli*.

À partir des tubes de BCPL positifs, quelques gouttes sont prélevées à l'aide d'une pipette Pasteur pour faire le repiquage dans un tube contenant le milieu eau peptonnée. L'incubation se fait à 44 °C pendant 24 heures.

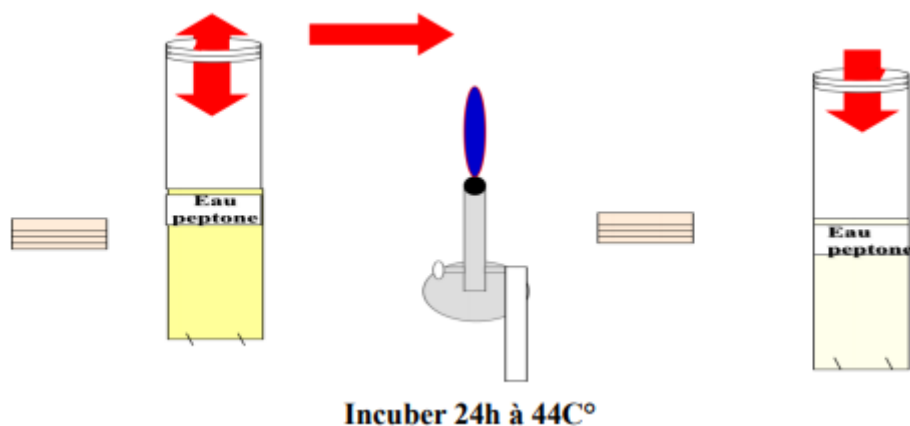


Figure 05: Test conformation des coliformes fécaux.

Les résultats considérés comme positif + ; sont les tubes présentant à la fois :

▪ Un anneau rouge ou rose en surface, témoin de la production d'Indole par *Escherichia Coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs. Le réactif Kovacs de est destiné à la mise en évidence de la production d'indole à partir du Tryptophane par les bactéries qui possèdent une tryptophanase. La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table de Mac Grady NPP en tenant compte du fait qu'*Escherichia Coli* produit de trouble et d'indole à 44 °C.

III.2.3. Recherche des Streptocoques fécaux en milieu liquide

Test de présomption

A partir de l'eau à analyser, un volume de 10 mL est prélevé puis déposés dans 5 tubes contenant 10 mL de milieu ROTHE D/C. Ensuite, 1 mL également de chaque échantillon d'eau à analyser est prélevé puis rempli dans un tube contenant 10 mL de milieu ROTHE S/C. En fin, 50 mL d'eau à analyser est inoculé dans un flacon contenant 50 mL de milieu ROTHE D/C. l'ensemble des cultures sont agitées puis incubées à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

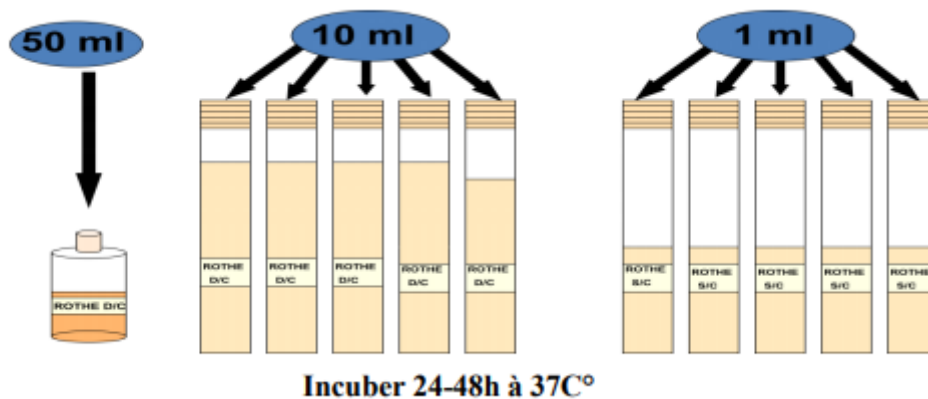


Figure 06: Test de présomption des streptocoques fécaux.

Les résultats considérés comme positif sont les tubes présentant à la fois :

- Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu pendant cette période est présumé contenir un streptocoque fécal.
- La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP (Annexe 01).

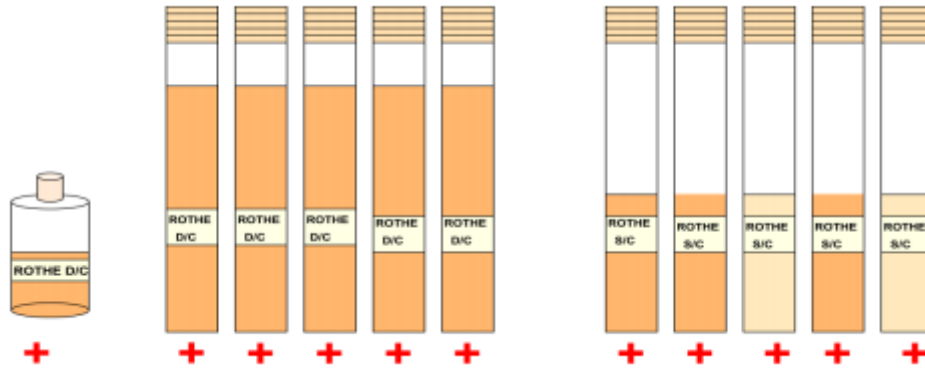


Figure 07: Lecture des tubes test présomptive.

Test de confirmation

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des Streptocoque fécaux éventuellement présents dans le test de présomption. A partir des tubes de milieu ROTHE positifs, quelques gouttes sont ajoutées, à l'aide d'une pipette Pasteur, au milieu EVA LITSKY puis incubés à 37°C pendant 24heures.

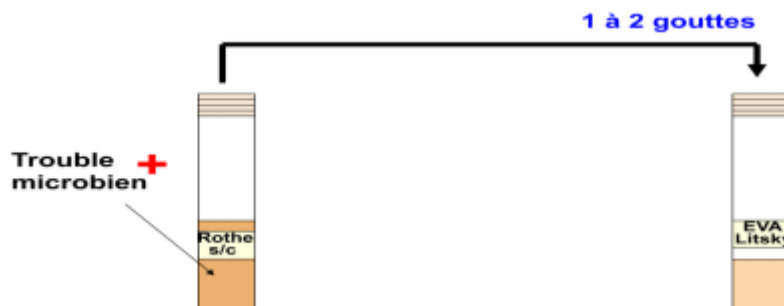


Figure 08: Test confirmatif des streptocoques fécaux.

Les résultats considérés comme positif, sont les tubes présentant à la fois :

- Un trouble microbien ;
- Une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes ;
- La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP le nombre de streptocoque fécaux sont par 100 ml de l'eau analysé.

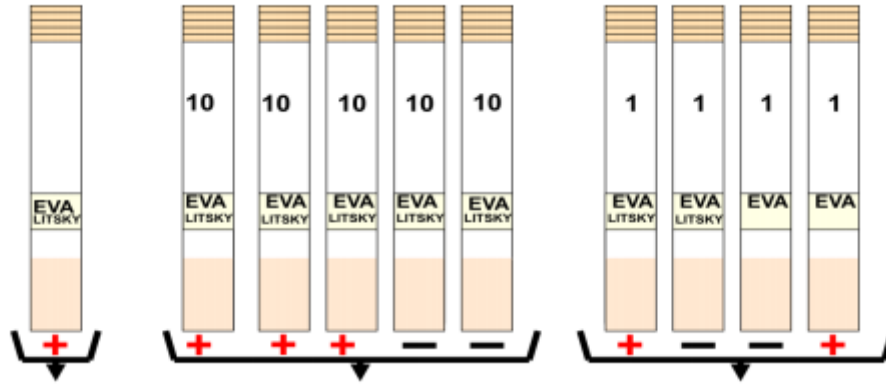


Figure 09: Lecture de résultats de test de confirmation de streptocoque fécaux.

III.2.4. Recherche de Clostridium Sulfito-réducteur

A partir de chaque dilution, un volume de 1 et de 20mL ont été traité à 80°C pendant 10min pour éliminer les formes végétatives. Après refroidissements, 10mL de milieu TSN ont été ajouté puis mélangé. Après solidification, les cultures étaient incubées à 44°C pendant 48h.



Figure 10 : Ensemencement des TSN par les échantillons de l'eau pour la recherche de clostridium sulfito-réducteur.

III.2.5. Interprétations des résultats

La qualité microbiologique de l'eau est jugé suivant l'interprétation des résultats d'analyse (tableau 5) selon le plan d'échantillonnage régi par la réglementation (Tableau 06) : plan à deux classes et à trois classes.

Tableau 05: Critères microbiologiques de l'eau (JORAD N°35, 1998).

Microorganismes	N	m	c	M
Germes totaux à 22°C	1	<10 ²	-	<3*10 ²
Germes totaux à 37°C	1	20	-	3*20
Coliformes totaux	1	<10	-	<3*10
Coliformes fécaux	1	absence	-	absence
Streptocoque fécaux	1	absence	-	absence
Clostridium sulfite-réducteurs 1ml	1	absence	-	absence
Clostridium sulfite-réducteurs 20ml	1	<5	-	<3*5

* : c : nombre d'échantillons entre m et M ; n= nombre d'unités de l'échantillon ; m : valeur seuil pour le nombre de bactéries par millilitre ou par gramme.

Plan à 2 classes

Pour les microorganismes dangereux m égale à 0 : ce type de plan n'accepte aucun tolérance, même de type analytique, correspond aux expressions « absence dans x mL » : qualité satisfaisants et « présence dans X mL » : qualité non satisfaisant.

Plan à 3 classes

Le plan à 3 classes permet de déterminer par des classes appropriées la probabilité selon laquelle un lot sera accepté ou refusé, ce plan est utilisé notamment pour les coliformes totaux, coliformes fécaux et S. aureus.

L'interprétation d'analyse consiste à déterminer le rapport c/n par rapport au rapport fixé (c/n) (Tableau 5) :

1. Si toutes les valeurs sont inférieures à 3m et/ou 10m pour le dénombrement sur milieu solide et/ou liquide respectivement : les échantillons sont de qualité satisfaisante;
2. Si c/n (résultats) est inférieur à c/n fixé : les échantillons sont de qualité acceptable ;
3. Si c/n (résultats) est supérieur à c/n fixé : les échantillons sont de qualité non satisfaisante.

RESULTATS ET DISCUSSION

IV. Résultats et discussion

Au total 9 échantillons des eaux de consommations ont été collectés et analysés pour les germes suivants germes totaux à 22°C et à 37°C, les coliformes totaux et fécaux, les streptocoques fécaux et les Clostridium sulfito-réducteur à 44°C/mL et par 20mL.

IV.1. Résultats de recherche et de dénombrement de microorganismes dans les eaux

Les résultats de la recherche et de dénombrement sont traités en fonction de germe recherché. Le nombre de microorganismes est converti en \log_{10} ufc/mL.

IV.1.1. Résultats de la recherche et dénombrement de germes totaux

Deux types de germes totaux aérobies ont été recherchés à savoir les germes à 22°C et à 37°C.

IV.1.1.1. Germes à 22°C

Parmi les 9 échantillons analysés 8 sont contaminé par germes totaux à 22°C dont les concentrations comprises entre 0,3 log ufc/mL et 2,5 log ufc/mL. Ces concentrations sont dans l'ordre des concentrations reportées (1 à 3 log ufc/mL) par Ayad (2017). Cependant, ces eaux sont moins chargées (2,5 à 3,6 log ufc/mL) par rapport aux eaux analysées par Ouahchia (2015). La contamination de ces eaux par les germes totaux pourrait être due à la mauvaise protection des sources, la méconnaissance des règles élémentaires d'hygiène, la pollution avoisinante (élevage des bétails, existence des fosses septiques et des latrines).

Comme montre la figure 10, 6 échantillons présents une qualité acceptable et les autres (3) ont une qualité satisfaisante pour les germes à 22°C. Cependant, aucun échantillon n'a une qualité non satisfaisante pour ce critère.

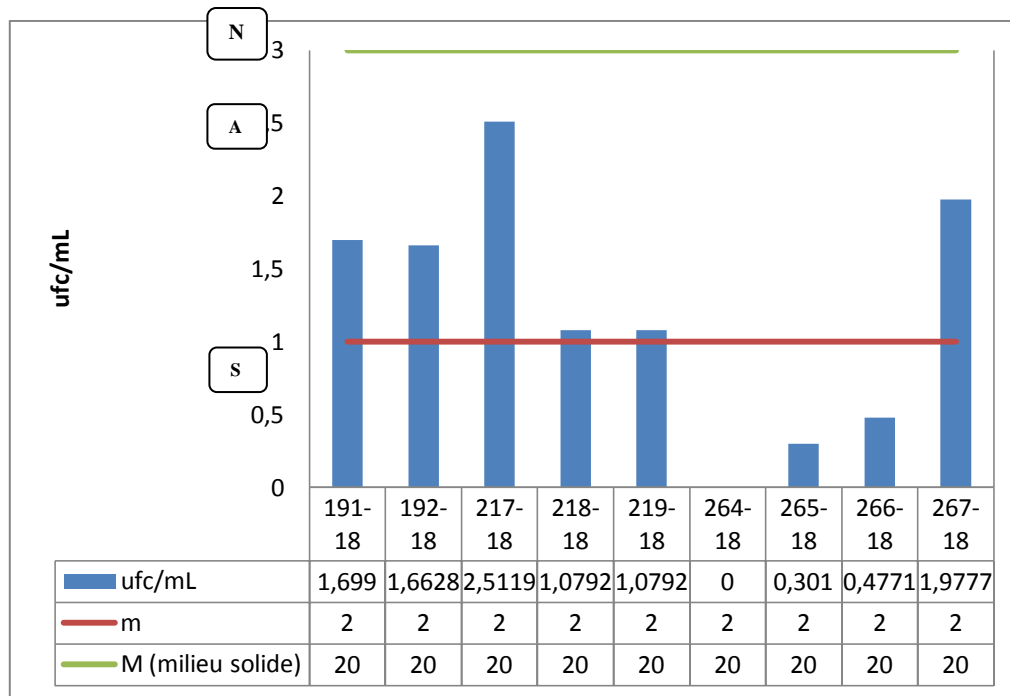


Figure 11: Résultats de dénombrement de germes à 22° et le classement de qualité de chaque échantillon. N : qualité non satisfaisante ; A : qualité acceptable et S : qualité satisfaisante.

IV.1.1.2. Germes à 37°C

La figure 10 montre que 89% des échantillons sont contaminé par les germes totaux à 37°C. Les mêmes échantillons contaminés par les germes totaux à 22°C sont aussi contaminés par les germes totaux à 37°C avec juste une variation de concentrations. Car à 22°C l'ensemble de microorganismes ont ciblés notamment les levures et les psychrophiles. Cette prévalence est en concordance avec les prévalences montrées par Ayad (2017). Par ailleurs, les concentrations s'oscillent entre 0,7 et 2,6 log avec une moyenne de 1,41 log ufc/mL. Elles sont dans l'ordre des concentrations (2 et 1,8 log ufc/mL) reportées par Ayad (2017) et Hebbar (2005) respectivement.

Comme montre la figure 11, seulement 4 échantillons présents une qualité acceptable, tandis que les (5) autres ont une qualité satisfaisante pour les germes à 37°C. Cependant, aucun échantillon n'a une qualité non satisfaisante pour ce critère.

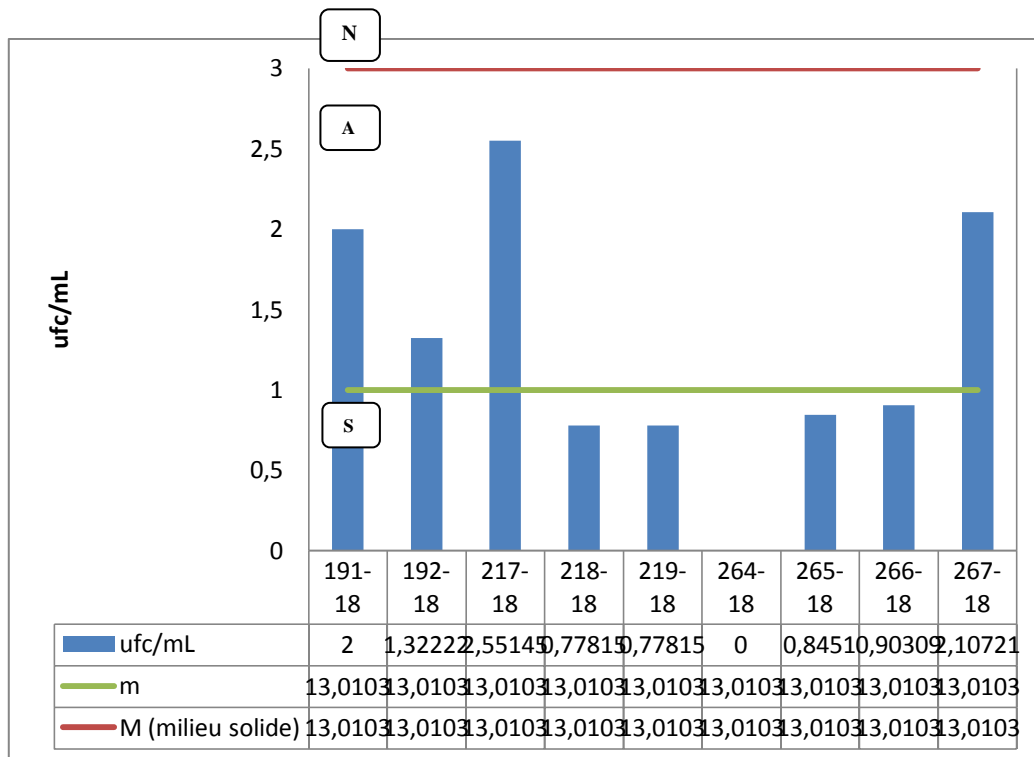


Figure 12: Résultats de dénombrement de germes à 37°C et les classements de qualité de chaque échantillon. N : qualité non satisfaisante ; A : qualité acceptable et S : qualité satisfaisante.

IV.1.1.3. Coliformes totaux.

Les coliformes totaux sont d'origine animale et humaine, leur présence dans l'eau indique une contamination récente par des matières fécales (Chevalier, 2003).

Au total 4 échantillons sur 9 échantillons (22%) analysés sont contaminés par coliformes totaux. Cette prévalence est similaire à la prévalence (25% sur 40 échantillons) reportée par Ouahchia (2015). Cependant, l'eau de source de Ghuerrar semble moins contaminé (42 et 72%) par rapport à l'eau de la région de la ville Brazil (Nogueira et al., 2003) et Ayad (2017) respectivement. Par ailleurs, les eaux analysées sont plus contaminé (5%) par rapport à l'eau analysée par **Gwimbi (2011)**.

Par ailleurs, les concentrations sont comprises entre 0,47 et 2,22 log ufc/mL avec une moyenne de 1,11 log ufc/mL. Ces concentrations sont dans l'ordre des concentrations (3 à 3 log ufc/mL) reportées par Ayad (2017).

Cette contamination est causée probablement à cause des rejets domestiques, par la proximité des sources avec des fosses septiques et par l'infiltration d'eau de surface dans les puits.

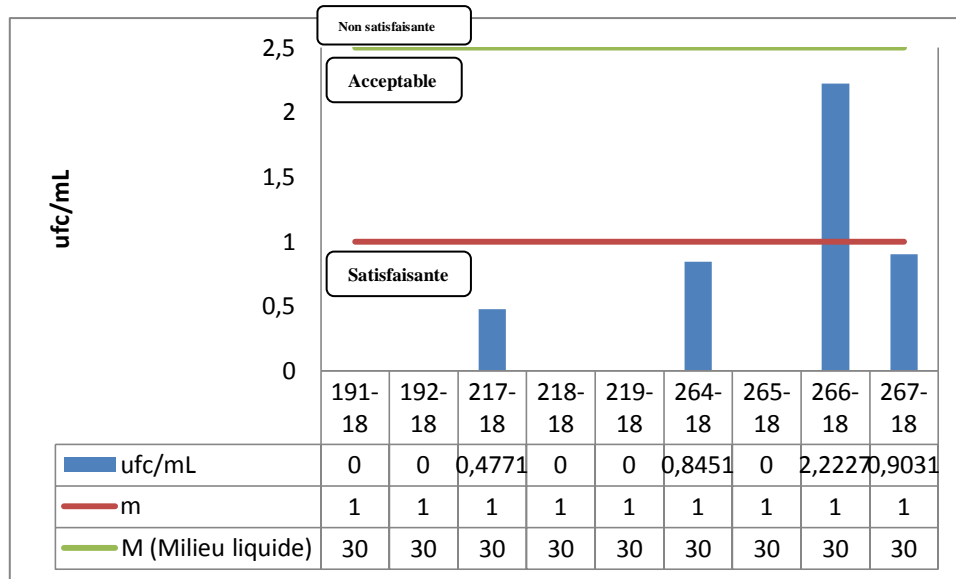


Figure 13: Résultats de dénombrement de coliforme totaux et les classements de qualité de chaque échantillon. N : qualité non satisfaisante ; A : qualité acceptable et S : qualité satisfaisante.

Les résultats montre que l'ensemble des échantillons ont une qualité satisfaisante pour ce critère à l'exception d'un échantillon présent une qualité acceptable.

IV.1.1.4. Coliformes fécaux

La présence des coliformes fécaux (thermotolérants), signe l'existence quasi certaine de la contamination fécale d'une eau (Richard, 1996; Figarella et Leyral, 2002; Rodier et *al.*, 2009; El Haissoufi et *al.*, 2011).

Comme montre la figure 13,3 échantillons sur 9 sont contaminés par concentrations comprise entre 3 cellules et 5 cellules de coliformes fécaux. Cette prévalence et concentrations sont faibles par rapport à l'étude menée par Ayad (2017). Elle montre que le saison a une influence sur la contamination par cette microorganismes.

D'après nos hypothèses, dans les sites de sources, cette contamination serait due au fumier, aux fosses septiques, aux latrines et aux déchets de toute nature existants dans les terrains avoisinants les sources.

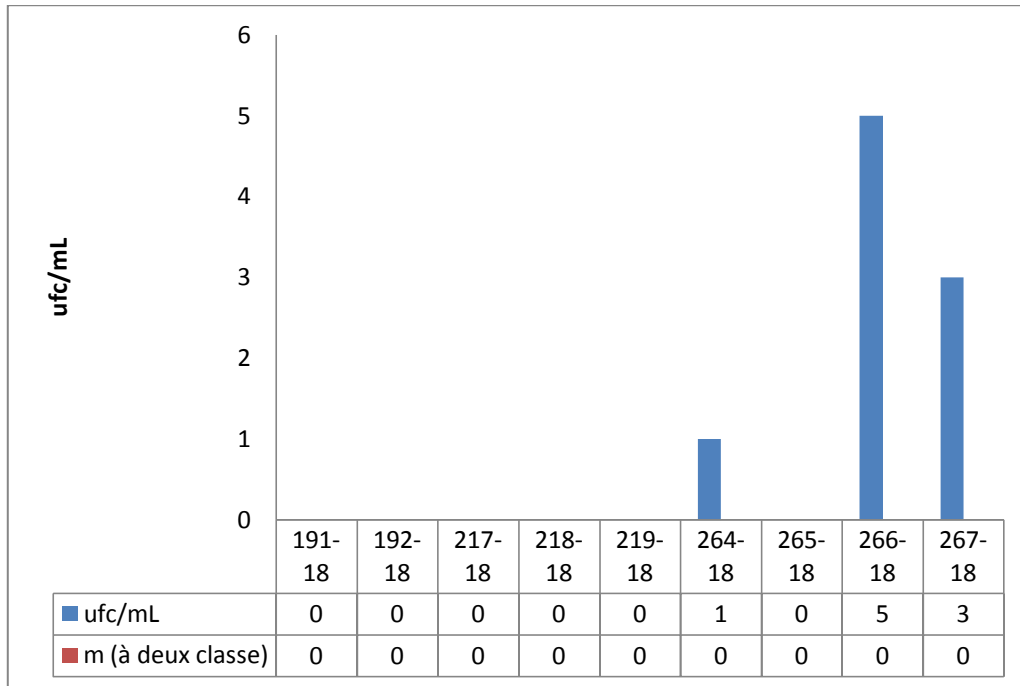


Figure 14: Résultats de dénombrement de coliformes fécaux et les classements de qualité de chaque échantillon.

Selon les résultats illustrés sur la figure 13, trois échantillons ont une qualité non satisfaisante.

IV. 1. 1. 5. Les streptocoques fécaux

La détection d'entérocoques dans une nappe d'eau souterraine doit faire penser à une contamination d'origine fécale et la présence de micro-organismes entéropathogènes (Chevalier, 2002; Ladjel, 2009). Selon Figarella et Leyral (2002) ; Rodier et *al.* (2005), la présence des streptocoques fécaux doit s'accompagner de la présence de coliformes fécaux pour être certain d'une contamination fécale d'une eau d'alimentation.

Malgré la contamination des eaux de sources analysées par les coliformes fécaux, aucun échantillon n'est contaminé par les Streptocoques fécaux. Ces résultats sont conformes

au critère microbiologique régi par le Journal officiel algérien (N°35 de 1998). L'absence de streptocoques fécaux confirme l'absence d'une contamination fécale.



Figure 14 : Résultats de lectures de la recherche de Streptocoque fécaux sur milieu Roth.

IV. 1. 1. 6. Anaérobie sulfite réducteur (ASR).

Les *Clostridium* sulfite-réducteurs sont des germes capables de sporuler et de se maintenir longtemps dans l'eau. Ils sont donc les témoins d'une pollution ancienne.

Les résultats montrent l'absence de *Clostridium* sulfite-réducteur par 1mL. Cependant, 0,9 log ufc/mL de *Clostridium* ont dénombré par 20mL d'eau de source analysé correspond à une prévalence de 11% (Figure 15). à cet effet, un échantillon sur 9 présent une qualité non satisfaisante pour ce critère.

Selon Guessoum et *al.* (2014), la présence des spores des anaérobies sulfite-réducteurs dans une eau naturelle fait penser à une contamination fécale et en l'absence de bactéries coliformes, à une contamination ancienne. Elles sont très persistantes et leur présence est un bon indicateur de la vulnérabilité des aquifères et des puits (Travel, 2006).

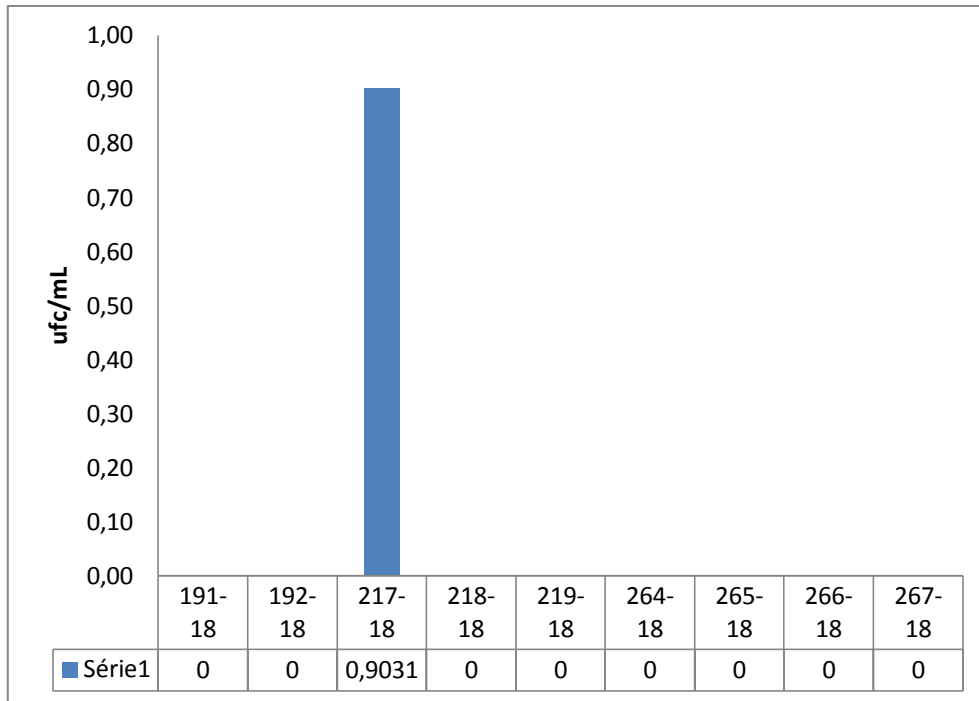


Figure 15: Résultats de dénombrement d'anaérobie sulfite réducteur et les classements de qualité de chaque échantillon.

CONCLUSION

Conclusion

Aux termes de cette étude, les eaux de sources de la ville d'El guerrara a montré un dépassement des valeurs critique pour 45% des échantillons pour l'ensemble des critères microbiologiques testés. En effet, les résultats a montré la contamination de ces eaux par les germes de contamination fécale et ne peuvent pas donc consommées par les personnes et ne la chauffent pas. Cependant, les consommateurs qui la chauffent à la température d'ébullition ne sont pas exposés au risque lié à la consommation de microorganismes de forme végétative. Cependant, pour les critères de Clostridium bactérie résistante au traitement thermique il est intéressant d'étudier sa thermorésistance dans l'eau. Il reste encore un risque lié à la consommation des eaux de source contaminées par ce germes surtout si la croissance aura lieu et la concentration atteint une concentration toxique.

Dans ce perspective, nous souhaitant de réaliser une évaluation de l'exposition à ce pathogène durant la consommation des eaux de sources de El Gherrara.

Afin d'éviter tout risque sanitaire lors de la consommation de ces eaux et pour une meilleure maîtrise de cette contamination, il serait judicieux d'entreprendre les démarches suivantes :

- Faire un suivi périodique quantitatif et qualitatif des nappes par la mise en place d'un réseau de piézomètres,
- Interdire toute réalisation de point d'eau dans les zones à forte exploitation,
- Boucher tous les points d'eau abandonnés et qui présentent des anomalies d'équipement,
- Sensibiliser les populations et les inciter à traiter l'eau des puits avant consommation,
- Bien gérer les ordures ménagères et l'utilisation des fertilisants agricoles, □
Mettre en place un réseau d'assainissement pour l'évacuation des eaux usées.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Agama K. (1999). Cours de microbiologie. Troisième année, Ecole Supérieure des Techniques Biologiques et Alimentaire. Université de Lomé.
2. automatique du procédé de coagulation en traitement d'eau potable Thèse Doctorat..
3. 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). Université de Skikda.
4. Ayata, Chott Marouam, Lac Sif El-Menadi et Chott Halloufa (2015).
5. Bourgon A. & Bareilles (1998). Guide de l'environnement à l'usage des citoyens et des collectivités locales. 352p.
6. Chevalier (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
7. Dupeyron C. (1997). Les diarrhées bactériennes : Causes et mécanismes. Développement et santé, N°128.
8. El Haissoufi H., Berrada S., Merzouki M., Aabouch M., Bennani L., Benlemlih M., Idir M., Zanibou A., Bennis Y., El Ouali lalami A. (2011). Pollution des eaux de puits de certains quartiers de la ville de Fès, Maroc, Rev. Microbiol. Ind. San et Environn, 5,1: 37-68.
9. Faurie C., Fera C., Médori P., Dévaux J. (1998). Ecologie, Edit Tec & Doc, pp 262-273.
10. Figarella et Leyral . (2002). Analyse des eaux: Aspects réglementaires et techniques. Ed. Scérén CRDP d'Aquitaine, Paris, 360 p.
11. Giovani Nogueira; Celso V Nakamura; Maria CB Tognim; Benício A Abreu Filho; Benedito P (2003)Dias Filho .Microbiological quality of drinking water of urban and ruralcommunities, Brazil Rev. Saúde Pública vol.37 no.2 São Paulo Apr.
12. Guessoum H., Benbrahim F., Halilat M.T., Laouar F., Bensalama M., Darem S. (2014). Inter. Journ. Environ. Water. 335-43.
13. Gwimbi (2011). The microbial quality of drinking water in Manonyane community: Maseru District (Lesotho) 2011 Sep; 11(3): p474–480.
14. Habbar (2005). Surveillance de la qualité bactériologique des eaux de baignade –cas des plages d'Ain-Franin et de Kristil.
15. HAMED. M, GUETTACHE. A, BOUAMER. L (2012). Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du Barrage Djorf-Torba Bechar. Université de Bechar.

16. Jacques LC. (2003). Chimie le minimum à savoir autoformation, EDP Sciences. France,. ISBN 2-86883-636-4, 2003.
17. Ladje (2009). Contrôle des paramètres physico-chimiques et bactériologiques d'une eau de consommation, Les cahiers techniques du stage T 7, Centre de formation en métiers de l'eau, Tizi Ouzou, 101 p.
18. Leroy J.B. (1999). La pollution des eaux, 4eme Ed.-Paris : presse universitaire de France.-(que sais je ?).- 127p.
19. Marquis.A (mai 1994). (L'eau potable une ressources à économiser). Horizon environnement vol.1 ,no 2 p.1
20. Mokdadi H., Messai Ahmed N. (2015). Contribution à l'étude de la qualité physicochimique et bactériologique des quelques zones humides de la wilaya d'El-oued (Cas du Lac de ????).
21. OMS (2000).Directive de qualité pour l'eau de boisson : Vol2 : critères d'hygiène et documentation à l'appui.-Genève OMS.-1050p.
22. Ouahchia (2015).larkyssjournal ; ISSN 1112-3680,n 23, septembre 2015, pp139-154/2015 all rights reserved, legal deposit 1266-2002
23. Regnault.J.P, 1990 : Microbiologie générale, Paris : Vigot.-859p.
24. Relevé épidémiologique mensuel (REM- INSP 1998 — ALGER).
25. Richard, (1996);Les eaux, les bactéries, les hommes et les animaux, Ed. Scientifiques et Médicales, Elsevier, Paris, 115 p.
26. Rodier (2009)L'analyse de l'eau, 9 ème édition, Ed. Dunod, 1579p
27. Rodier.(2005) .J, (l'Analyse d'eau). 5ème édition. .
28. Rodier.J, BAZIN.C, RODI L.(1995), l'analyse de l'eau Ed : DUNOD, 8eme édition 1995.
29. Rodriguez. G, (2004), , Etude de la congélation comme technique de traitement des eaux : Applications spécifiques Thèse Doctorat. 2004.
30. Travel , (2006). Attention à la qualité de l'eau de boisson, Réussir Aviculture, Nov., N° 121, PP : 21-23.
31. Vaillant.J.R, (1973) protection de la qualité des eaux et maîtrise de la pollution, contrôle des déversements d'eaux polluées. Paris : Edition : EYROLLES.- 403p.
32. Valentin (2000) , N.VALENTIN, Construction d'un capteur logiciel pour le contrôle

Annexe 01

Tableau 01 : Nombre le plus probable (NPP) MAC GRADY

1*50 ml	5*10 ml	5*1 ml	Nombre caractéristique	Limites de confiance	
				inférieure	supérieure
0	0	0	<1		
0	0	1	1	<0.5	4
0	0	2	2	<0.5	6
0	1	0	1	<0.5	4
0	1	1	2	<0.5	6
0	1	2	3	<0.5	8
0	2	0	2	<0.5	6
0	2	1	3	<0.5	8
0	2	2	4	<0.5	11
0	3	0	3	<0.5	8
0	3	1	5	<0.5	13
0	4	0	5	<0.5	13
0	0	0	1	<0.5	4
1	0	1	3	<0.5	8
1	0	2	4	<0.5	11
1	0	3	6	<0.5	15
1	1	0	3	<0.5	8
1	1	1	5	<0.5	13
1	1	2	7	1	17
1	1	3	9	2	21
1	2	0	5	<0.5	13
1	2	1	7	1	17
1	2	2	10	3	23
1	2	3	12	3	28
1	3	0	8	2	19
1	3	1	11	3	26
1	3	2	14	4	34
1	3	3	18	5	53
1	3	4	21	6	66
1	4	0	13	4	31
1	4	1	17	5	47
1	4	2	22	7	59
1	4	3	28	9	85
1	4	4	35	12	10
1	4	5	43	15	120
1	5	0	24	8	75
1	5	1	35	12	1
1	5	2	54	18	140
1	5	3	92	27	220
1	5	4	160	39	450
1	5	5	>240		

Annexe 02

Tableau 02: Paramètres microbiologique pour eaux de potable (OMS).

Germes aérobies à 37°C .20 Germe/1ml
Germes aérobies à 22°C.100Germe/ 1ml
Coliformes totaux. 5Germe/100ml
Coliformes thermo-tolérantes.absence Germe/100ml
Streptocoques fécaux 5 Germe/100ml
Spores d'anaérobies sulfito-réducteurs .5(UFC/20ml)
spores d'anaérobies sulfito-réducteurs absence.(UFC/ml)

Annexe 03

Tableau 03 : Utilisation de la Table de NPP pour dénombrement les coliformes (eau robinet262/18)

Inoculum	Test Présomption	Nombre Caractéristique	Test Confirmation		Nombre Caractéristique
			Trouble	Indole	
Flacon 50 ml BCPL D/C	-	0	+	-	0
5 *10ml BCPL D/C	-	1	-	-	0
	+		-	-	
	-		-	-	
	-		-	-	
5*1ml BCPL S/C	-	0	-	-	0
	-		+	-	
	-		-	-	
	-		-	-	

Le nombre caractéristique relatif au dénombrement des coliformes totaux est donc 010 ce qui correspond sur la table NPP à 01 coliformes totaux. 000 correspond sur la table de NPP à 0 coliformes fécaux.

- ❖ **01 coliforme total dans 100 ml d'eau à analyser**
- ❖ **0 coliformes fécaux dans 100 ml d'eau à analyser**

Tableau 04 : Utilisation de la Table de NPP pour dénombrement les coliformes (eau fourrage264/18)

Inoculum	Test Présomption	Nombre Caractéristique	Test Confirmation		Nombre Caractéristique
			Trouble	Indole	
Flacon 50 ml BCPL D/C	+	1	+	+	1
5 *10ml BCPL D/C	-	1	-	-	0
	+		-	+	
	-		+	-	
	-		-	-	
5*1ml BCPL S/C	-	2	-	+	0
	+		-	-	
	+		-	-	
	-		-	-	

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Le nombre caractéristique relatif au dénombrement des coliformes totaux est donc 112 ce qui correspond sur la table NPP à 07 coliformes totaux. 100 correspond sur la table de NPP à 01 coliformes fécaux.

- ❖ **112 coliformes totaux dans 100 ml d'eau à analyser**
- ❖ **100 coliformes fécaux dans 100 ml d'eau à analyser**

Tableau 05 : Utilisation de la Table de NPP pour dénombrement les coliformes (eau robinet266/18)

Inoculum	Test Présomption	Nombre Caractéristique	Test Confirmation		Nombre Caractéristique
			Trouble	Indole	
Flacon 50 ml BCPL D/C	+	1	+	+	1
5 *10ml BCPL D/C	+	5	+	+	2
	+		-	-	
	+		-	+	
	+		+	+	
5*1ml BCPL S/C	+	4	-	-	0
	+		-	-	
	+		-	+	
	+		+	-	
	-		-	-	

Le nombre caractéristique relatif au dénombrement des coliformes totaux est donc 154 ce qui correspond sur la table NPP à 160 coliformes totaux. 120 correspond sur la table de NPP à 05 coliformes fécaux.

- ❖ **160 coliformes totaux dans 100 ml d'eau à analyser**
- ❖ **05 coliformes fécaux dans 100 ml d'eau à analyser**

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Tableau 06 : Utilisation de la Table de NPP pour dénombrement les coliformes (eau fourage267/18)

Inoculum	Test Présomption	Nombre Caractéristique	Test Confirmation		Nombre Caractéristique
			Trouble	Indole	
Flacon 50 ml BCPL D/C	+	1	+	-	0
5 *10ml BCPL D/C	+	3	+	+	1
	+		+	-	
	-		-	-	
	-		-	-	
5*1ml BCPL S/C	+	3	+	+	2
	+		-	-	
	-		+	+	
	-		-	-	
	+		-	+	

Le nombre caractéristique relatif au dénombrement des coliformes totaux est donc 133ce qui correspond sur la table NPP à 18 coliformes totaux. 012 correspond sur la table de NPP à 03 coliformes fécaux.

- ❖ **18 coliformes totaux dans 100 ml d'eau à analyser**
- ❖ **03 coliformes fécaux dans 100 ml d'eau à analyser**

Annexe 04

Composition des milieux de culture

- **Eau peptone :**
 - Tryptone.....10g
 - Chlorure sodique.....5g
 - Eau distillée.....1000ml

- **Kovacs :**
 - P diméthylamino benzaldéhyde.....50mg
 - Alcool amlique ou butylique.....750mg
 - CIH pur.....250mg

- **Bouillon glucosé a l'éthyle violet et Azide de sodium(EVA litsky) :**
 - Peptone.....20g
 - Glucose.....5g
 - Chlorure de sodium.....5g
 - Phosphate bi potassique.....2.7g
 - Phosphate mono potassique.....2.7g
 - Azohydrate de sodium.....2.7g
 - Ethyle-violet.....0.3g

- **Tryptone sulfite néomycine(TSN) :**
 - Peptone trypsique.....10g
 - Na Cl.....5g
 - Extrait de viande.....2g
 - Chlorhydrate de cystéine0.3g
 - Agar.....15%

- **Bouillon de Rothe :**
 - tryptone20,0 g
 - Glucose5,0 g
 - Chlorure de sodium5,0 g
 - Phosphate mono potassique.....2,7 g
 - Phosphate di potassique.....2,7 g
 - Azide de sodium 0,2 g pH 6,8 ± 0,2

- **Bouillon lactose au pourpre de bromocrésol (BCBL S/C) :**
 - tryptone5g
 - extrait de viande.....3g
 - lactose.....5g
 - pourpre de bromocrésol.....25mg

- **Bouillon lactose au pourpre de bromocrésol(BCBL D/C) :**
 - tryptone10g
 - extrait de viande.....6g
 - lactose.....10g
 - pourpre de bromocrésol.....50mg

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **gélose TGEA :**
- Tryptone.....5,00g
- Extrait de viande3,00g
- Glucose1,00g
- Agar15,00g

