

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث 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 DE BIOLOGIE



Mémoire de Master

Domaine : Science de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité/Option : Biologie Moléculaire et Cellulaire.

Thème :

**Evaluation des risques de consommation des eaux de
puits dans la Wilaya de Guelma**

Présenté par :

- DJERIBI Rania.
- TOULGUI Baya Chourouk.

Devant le jury composé de :

Président (e) : Mme DRIF F	M.C.A	Université de Guelma
Examineur : Mme ROUAIGUIA M	M.C.B	Université de Guelma
Encadreur : Mme GRARA N	Pr	Université de Guelma

Juillet 2021



Remerciements :

Avant tout nous glorifions Allah le tout puissant, de nous avoir accordé la force, le courage et les moyens pour la réalisation de ce modeste travail.

nous remercions vivement les membres du jury,

Dr. DRIF F, Maitre de conférences A , qui nous a fait l'honneur de présider notre jury de Master.

Dr. ROUAIGUIA M, Maitre de conférences B, pour avoir accepté d'être examinatrice de ce travail.

Nous tenons à remercier sincèrement notre encadrante de mémoire **Pr. GRARA N**, de nous avoir conseillé judicieusement, orienté, encouragé et de nous apporter son attention tout au long de ce travail.

Nous remercions également l'ensemble des enseignants de la faculté de science de la nature et de la vie de l'université 8 Mai 1945- Guelma.

Ainsi à toute l'équipe de techniciens de laboratoire d'université pour son aide et la qualité de ses conseils.

Un grand merci à **Mr. BOUKERDIME**, qui nous a aidés à aller chercher l'eau du puits.

Enfin, nos vifs remerciements au chef du laboratoire de la Direction de la Santé Publique de la Wilaya de Guelma **Mr. DJIRADI A**, qui nous a soutenus, guidés et conseillés tout au long de la période de stage, un grand merci pour sa confiance et ses remarques.



Dédicace :

Avec l'aide et la protection d'Allah .Ce travail est réalisé.

Je dédie ce travail à :

Mes chers parents : pour leurs sacrifices, leurs soutiens, leurs patiences et tous leurs efforts qu'ils ont consentis pour mon bien être.

*Ma mère **Romi**, qui a œuvré pour ma réussite, par son amour, son soutien et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.*

*Mon père **Amar**, qui a pu être fier de voir le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.*

*Ma petite sœur **khaoula** , merci d'avoir été la source de mon sourire, Que Dieu t'exauce tous tes vœux.*

*Ma tante **Malika**, qui est considérée ma deuxième mère qui m'a soutenu tout au long de cette période, j'espère que vous trouverez le bon chemin qui vous mènera vers une vie plus gaie et plus sûre. Que dieu vous protège.*

Mes chers oncles et tantes et tous leurs enfants.

Mes chers amis proches pour m'avoir soutenu par leur présence dans les bons comme dans les mauvais moments.

*Mon binôme **Toulgui Baya Chourouk**, pour ses efforts pour faire de la recherche un succès et pour les beaux moments qui ont facilité le passage du temps rapidement.*

Mes collègues de la biologie.

Rania

Dédicace

Merci Allah de m'avoir donné la santé, la volonté, le courage et la patience d'aller jusqu'au bout du rêve et pourvoir réaliser ce travail de recherche.

Je dédie ce travail à :

*Mes très chers parents **Kamel et Wassila** : pour leurs amours inestimables, leurs confiances, leurs soutiens, leurs sacrifices. Je vous dois ce que je suis aujourd'hui et ce que je serai demain et je ferai toujours de mon mieux pour rester votre fierté et ne jamais vous décevoir. Puisse le tout puissant vous donne santé, bonheur et longue vie afin que je puisse vous combler à mon tour.*

*Mes chers frères **Mohammed Hatem et Amir** : merci d'avoir été la source de mon sourire, puisse Dieu le tout puissant exhausser tous vos vœux.*

*Toute ma grande famille grande et petite « **Toulgui & Merabti** » Je leurs souhaite tout le bonheur du Monde.*

*La mémoire de mon oncle maternel **Sofiane** : Qui a été toujours dans mon esprit et dans mon cœur, je vous dédie aujourd'hui ma réussite. Que Dieu, le miséricordieux, vous accueille dans son éternel paradis.*

*Mes meilleures amies **Fifi, Mirando, Pow et Paprica** : merci d'être l'épaule sur laquelle je peux toujours compter.*

*Mon binôme **Djeribi Rania** merci d'avoir été le rayon de soleil dans les journées les plus ténébreuse.*

Tous mes amis, à qui je souhaite un très bon avenir sans oublier la promotion de biologie moléculaire et cellulaire.

Tous ceux qui m'ont consacré temps, patience et conseils surtout dans le moment difficile.

Chourouk

Table des matières

Résumé

Abstract

الملخص

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction 1

Chapitre I : Etude bibliographique

I. Généralité sur les eaux de puits

1. Définition.....	4
2. Types de puits	4
2.1. puits creusés	5
2.2. puits foncés	5
2.3. puits forés ou forages	5

II. Pollution des eaux de puits

1. Sources de pollution.....	6
1.1.Pollution domestique.....	6
1.2.Pollution industrielle	6
1.3.Pollution agricole	6
1.4.Pollution naturelle	7
2. Types de pollution	7
2.1.Pollution physique.....	7
2.2.Pollution chimique	7
2.3.Pollution microbiologique.....	7
3. Lutte contre la pollution de l'eau	8

III. Qualité de l'eau et santé humaine

1. Contaminants microbiologiques	9
1.1. Coliformes totaux.....	9
1.2. Coliformes fécaux	9
1.3. Bactéries entérocoques et streptocoques fécaux	10
1.4. <i>Clostridium</i> s sulfito-réducteurs	10
1.5. Salmonelles	11
1.6. Vibrions	11
2. Contaminants physico-chimiques d'origine naturelle	12
2.1. Arsenic	12
2.2. Baryum	13
2.3. Nitrites-nitrates	13
2.4. Manganèse	13
2.5. Fluor.....	14
3. Contaminants industriels ou d'origines commerciales.....	14

IV. Evaluation des risques liés à la consommation des eaux de puits

1. Evaluation des risques hydriques d'origine microbiologique	14
2. Risques liés à l'eau	14
3. Gestion des risques hydriques	15
3.1. Surveillance de qualité de l'eau	15
4. Voies de transmission des agents infectieux	15
5. Maladies à transmission hydrique	16
6. MTH dans la wilaya de Guelma (2016-2020)	16
7. Principaux facteurs de maladies à transmission hydrique	18
8. Traitement des eaux souterraines.....	22

Chapitre II : Matériel et méthodes

1. Aperçu de zone de prélèvement	23
2. Protocole d'échantillonnage	24
2.1. Technique de prélèvement	25

2.2. Choix et stérilisation des flacons	25
2.3. Transport et conservation des échantillons au laboratoire	26
3. Recherche et dénombrement des germes	26
3.1. Germes révivifiants	26
3.2. Germes indicateurs de contamination fécale	29
3.2.1. Coliformes totaux et coliformes fécaux.....	29
3.2.2. Streptocoques fécaux (<i>Enterococcus</i>)	32
3.2.3. <i>Clostridium sulfito-réducteurs</i> (les spores de bactéries anaérobies Sulfito-réductrices)	34
3.3 Les germes pathogènes	36
3.3.1. Vibrions cholériques	36
3.3.2. Salmonelles.....	38

Chapitre III : Résultats et discussion

1. Résultat du dénombrement des germes révivifiants	41
2. Résultat du dénombrement des coliformes totaux et fécaux	43
2.1. Coliformes totaux.....	43
2.2. Coliformes fécaux	45
3. Résultat du dénombrement des streptocoques fécaux.....	47
4. Résultat du dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices	49
5. Résultat des germes pathogènes	50
5.1. Recherche des vibrions cholériques.....	50
5.2. Recherche des Salmonelles	51
Conclusion et perspectives	53
Références bibliographiques	55
Webographie	64
Annexes	

Résumé

La contamination des eaux souterraines peut être due à la mauvaise protection de ces ressources, l'infiltration des eaux de ruissellement, la méconnaissance des règles élémentaires d'hygiène, la pollution avoisinante et l'absence d'un réseau d'assainissement. Cette pollution constitue sans doute un danger non-négligeable à la santé des populations consommatrices de ces eaux.

Dans ce contexte, cette étude a porté sur l'évaluation de la qualité bactériologique des eaux de puits destinée à la consommation humaine dans la Wilaya de Guelma (Nord-est Algérien) ; Afin d'appréhender les objectifs visés, ce travail s'est appuyé sur une approche microbiologique a été effectué et a porté sur des échantillons d'eau prélevée au niveau de deux puits de cette zone. L'analyse des échantillons consiste à la recherche des bactéries indicateurs de pollution à savoir : germes totaux, coliformes totaux, coliformes fécaux, streptocoques fécaux et les anaérobies sulfite-réductrices ainsi que les bactéries pathogènes (*Vibrio* et *Salmonella*), ensuite les résultats obtenus ont été interprétés et comparés avec les normes en vigueur. Les puits étudiés ont montré des qualités bactériologiques moyennes.

Pour éviter des éventuels risques sanitaires, l'adoption des mesures d'hygiène pour le transport et le stockage de l'eau, notamment le traitement par la chloration périodique de l'eau de puits a été conseillé pour la population concernée, et un aménagement et du contrôle permanent des puits d'eau pollués à proximité des points potentiels de pollution ont été recommandés pour les autorités locales et les services d'hygiène.

Mots clés : Eau souterraine, Puits, Sources, Qualité bactériologique, Pollution, Risque sanitaire, Guelma, Algérie.

Abstract

The contamination of groundwater may be due to poor protection of these resources, the infiltration of runoff water, and lack of knowledge of basic hygiene rules, the neighboring pollution and the absence of a sanitation network. This pollution undoubtedly constitutes a non-negligible danger to the health of populations consuming this water.

In this context, this study focused on the assessment of the bacteriological quality of well water intended for human consumption in the Wilaya of Guelma (North-East of Algeria) ; In order to understand the targeted objectives, this work was based on a microbiological approach and was carried out and focused on water samples taken from two wells in this area. The analysis of the samples consists of the search for bacteria indicators of pollution, namely: total germs, total coliforms, fecal coliforms, faecal streptococci, and sulfite-reducing anaerobes as well as pathogenic bacteria (*Vibrio* and *Salmonella*), then the results obtained were interpreted and compiled with the standards in force. The wells studied showed average bacteriological qualities.

To avoid possible health risks, the adoption of hygiene measures for the transport and storage of water, in particular treatment by periodic chlorination of well water has been recommended for the population concerned, and the development and permanent monitoring of polluted water wells near potential pollution points have been recommended for local authorities and health services.

Keywords: Groundwater, Wells, Sources, Bacteriological quality, Pollution, Health risk, Guelma, Algeria.

الملخص

يمكن أن يكون تلوث المياه الجوفية ناتجًا عن ضعف حماية هذه الموارد، تسلل الجريان السطحي، نقص المعرفة بقواعد النظافة الأساسية، تلوث المحيط، وعدم وجود شبكة صرف صحي. هذا التلوث يشكل بلا شك خطرا لا يستهان به على صحة السكان الذين يستهلكون هذه المياه.

في هذا السياق، ركزت هذه الدراسة على تقييم الجودة البكتريولوجية لمياه الآبار المعدة للاستهلاك البشري في ولاية قالمة (شمال شرق الجزائر)؛ من أجل فهم الأهداف المستهدفة، تم تنفيذ هذا العمل على أساس: تم تنفيذ النهج الميكروبيولوجي والتركيز على عينات المياه المأخوذة من بئرين في هذه المنطقة. يتكون تحليل العينات من البحث عن مؤشرات التلوث البكتيري وهي: الجراثيم الكلية، القولونيات الكلية، القولونيات البرازية، المكورات العقدية البرازية واللاهوائية المختزلة للكبريت وكذلك البكتيريا المسببة للأمراض (الضمة والسالمونيا)، ثم تم الحصول على النتائج. تم تفسيرها ومقارنتها مع المعايير المعمول بها، وقد أظهرت الآبار المدروسة صفات بكتريولوجية متوسطة.

لتجنب المخاطر الصحية المحتملة، تم التوصية باعتماد تدابير النظافة لنقل المياه وتخزينها، ولا سيما المعالجة بالكلور الدوري لمياه الآبار للسكان المعنيين، وتطوير ومراقبة دائمة لآبار المياه الملوثة بالقرب من نقاط التلوث المحتملة تم التوصية بها للسلطات المحلية وخدمات النظافة.

Liste des abréviations

Ar : Argent.

ASF : Anaérobie sulfato-réducteur.

BCPL : Gélose Lactosée au Bromocrésol-Pourpre.

BTEX : Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylène.

°C : Degré Celsius.

Ca : Calcium.

CF : Coliformes fécaux.

CIRC : Centre International de Recherche sur Cancer.

CT : Coliformes totaux.

D/C : Double Concentration.

DDASS : Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales.

DSP : Direction de la Santé et de la Population.

EPA : Eau Peptonée Alcaline.

FAMR : Flore Aérobie Mésophile Révivifiables.

FTAM : Flore Totale Aérobie Mésophile.

GNAB : Gélose Nutritive Alcaline Bilié.

GT : Germes totaux.

GVF : Gélose viande foie.

h : heure.

IARC : International Agency for Research on Cancer.

INSPQ : Institut National de Santé Publique de Québec.

IS : Séquences d'insertion.

MDDELCC : Ministère de l'Environnement et de Lutte contre les Changements Climatiques.

MES : Matières En Suspension.

Mn : Manganèse.

MTH : Maladies à transmission hydrique.

NB : Notez bien.

NPP : Nombre Plus Probable.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

Pb : Plomb.

pH : Potentiel Hydrogène.

ROTHER : Bouillon Glucosé à l'Azide de Sodium.

RQEP : Règlement sur la Qualité de l'Eau Potable.

S/C : Simple Concentration.

SF : Streptocoques fécaux.

SOES : Service de l'Observation et Statistique.

T : Température.

TGEA : Gélose Tryptone-Glucose-Extrait de Levure.

UFC : Unité Formant Colonie.

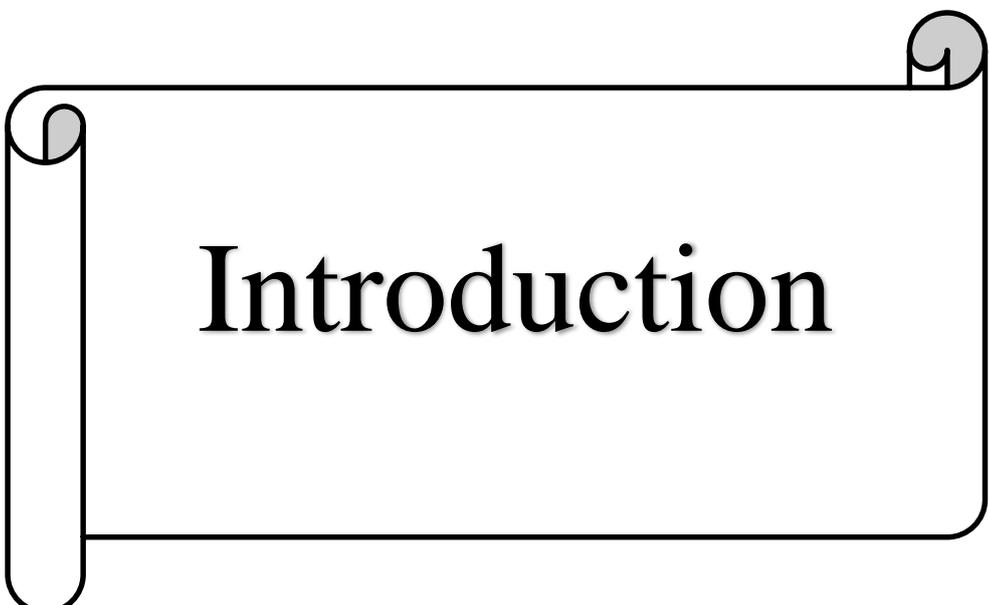
Liste des figures

Figure N°	Titre des figures	Page N°
01	Les étapes de construction d'un puits.	04
02	Pollution des eaux par les pesticides.	06
03	Les entérocoques.	10
04	Les salmonelles.	11
05	Les vibrions.	12
06	Voie Oro-fécale.	16
07	Situation épidémiologiques des MTH de la wilaya de Guelma (2016-2020).	17
08	Localisation de la zone de prélèvement des eaux de puits.	23
09	Photo présentant le Puits « Boukerdime Ettayeb » (P1).	23
10	Photo présentant le Puits « El Aggoune Idriss » (P2).	24
11	Schéma du protocole de recherche et dénombrement des micro-organismes révivifiables dans les eaux de puits.	28
12	Schéma du protocole de recherche et dénombrement des coliformes totaux, et fécaux dans les eaux de puits.	31
13	Schéma du protocole de recherche et dénombrement des streptocoques (<i>Enterococcus</i>) dans les eaux de puits.	33
14	Schéma du protocole de recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfite-réductrices (ASF) dans les eaux de puits.	35

15	Schéma du protocole de recherche et d'identification des vibrions cholériques dans les eaux de puits	37
16	Schéma du protocole de recherche et d'identification des salmonelles dans les eaux de puits.	40
17	Evaluations du nombre des germes révivifiables dans P1 et P2.	41
18	Photos présentant le résultat de la recherche des germes révivifiables après 72h à 37°C.	42
19	Evaluations du nombre des coliformes totaux dans P1 et P2.	44
20	Photos présentant le résultat de la recherche des coliformes totaux à 37 °C.	44
21	Evaluations du nombre des coliformes fécaux dans P1 et P2.	45
22	Photos présentant le résultat des la recherche de coliformes fécaux à 37 °C.	46
23	Evaluation du nombre des streptocoques fécaux dans P1 et P2.	47
24	Photos présentant le résultat de la recherche des streptocoques fécaux.	48
25	Photo présentant le résultat de la recherche des germes sulfito-réducteurs (<i>clostridium</i>) a 37 °C.	49
26	Photo présentant le résultat d'enrichissement dans EPA.	51
27	Photo présentant l'aspect des colonies Sur le milieu GNAB.	51
28	Photo présentant le résultat d'enrichissement dans SFB.	52
29	Photo présentant l'aspect des colonies sur le milieu Ectoïne.	52

Liste des tableaux

Tableau N°	Titre des tableaux	Page N°
01	Les bactéries pathogènes responsables des maladies d'origine hydrique.	19
02	Les virus à l'origine des maladies hydriques.	20
03	Les parasites responsables des maladies d'origine hydrique.	21
04	Evolution du nombre des micro-organismes révivifiables dans P1 et P2.	41
05	Evolution du nombre des coliformes totaux dans P1 et P2.	43
06	Evolution du nombre des coliformes fécaux dans P1 et P2.	45
07	Evolution du nombre des Streptocoques fécaux dans P1 et P2.	47
08	Evolution du nombre des <i>clostridium</i> s sulfito-réducteurs dans P1 et P2.	49
09	Evolution du nombre des vibrions cholériques dans P1 et P2.	50
10	Evolution du nombre des Salmonelles dans P1 et P2.	51
11	Table de Mac Grady	Annexe 02
12	Résultats de l'analyse bactériologique des eaux de puits du premier prélèvement.	Annexe 03
13	Résultats de l'analyse bactériologique des eaux de puits du deuxième prélèvement	Annexe 04

A decorative scroll graphic with a black outline and a light gray shadow. The scroll is unrolled in the middle, with the top and bottom edges curled up. The word "Introduction" is written in a black, serif font in the center of the unrolled section.

Introduction

Introduction

L'eau est un élément essentiel pour le développement de la vie. Le corps d'un être humain adulte est composé à 60% d'eau et une consommation minimale de 1,5 litre d'eau par jour lui est nécessaire (**France, 2005**). En raison de son caractère vital, l'eau doit être mise à la disposition des populations sous forme potable et donc de bonne qualité sanitaire. Cependant le développement de l'urbanisation avec une croissance estimée à 75% entre 2000 et 2003 (**NDAW, 2000**). N'est pas sans poser de problèmes notamment en termes de satisfaction de la demande. Selon l'OMS près de 25 millions de personnes décèdent chaque année du fait de la consommation d'eau contaminée dans les pays en voie de développement (**Gret, 1994**).

L'eau est polluée par diverses émissions (industrie, ménage, agriculture, etc.) et transporte des bactéries lors du transport. Le transfert physique de ce dernier (lié au ruissellement) cela dépendra du climat, du sol et des conditions géographiques. Cette ressource précieuse est une partie importante du monde minéral et organique et implique de nombreuses fonctions physiologiques de base telles que la digestion et l'absorption, la régulation de la température et l'élimination des déchets. Par conséquent, l'eau est un élément noble et doit être protégée pour les générations futures (**Kirkpatrick et Fleming, 2008**).

Cependant, dans la nature, l'eau n'est pas toujours la source de la vie, elle peut transporter directement ou indirectement de nombreux types de micro-organismes qui y vivent et s'y développent (**Bengarni, 2016**). Par conséquent, l'eau peut contenir une variété de composants chimiques naturels ou artificiels. Par conséquent, l'eau utilisée pour la consommation humaine est à plus ou moins long terme exempt d'éléments chimiques (substances toxiques, excès de minéraux et de matière organique) et biologiques (bactéries pathogènes) susceptibles de provoquer des maladies d'origine hydrique (**John et Donald, 2010**).

Aujourd'hui, un habitant sur dix est toujours privé d'accès à l'eau potable. L'écart entre les régions et les pays du monde. Un quart de l'eau résidentielle parmi les résidents contaminés, un habitant sur trois ne dispose pas d'installations sanitaires adéquates, ce qui constitue un problème majeur de santé publique (**Jean Delémont, 2016**). 1,8 millions des gens, 90% d'entre eux sont des enfants de moins de 5 ans, la plupart d'entre eux vivent dans des pays en développement et meurent de maladie diarrhéiques (y compris le choléra). 88 % des maladies diarrhéiques peuvent être attribuées à une eau de mauvaise qualité, à un assainissement médiocre (**OMS, 2005**).

Par conséquent, la bonne qualité sensorielle, physique, chimique et microbiologique de l'eau est un facteur décisif dans la prévention des maladies d'origine hydrique et la protection de la santé publique. Pour cette raison, au fil du temps, des règles de protection ont été inventées. La plupart de ces règles ont été adoptées par la réglementation sanitaire et sont spécifiquement utilisées en deux étapes, à savoir les risques microbiens et les risques chimiques (**World Health Organization, 2008**). Les ressources en eau proviennent principalement des eaux de surface et souterraines renouvelables et non-renouvelables.

En Algérie, les eaux de surface sont la principale source d'eau potable, mais de plus en plus de gens se tournent vers les eaux souterraines qui contiennent beaucoup d'eau utilisable (**Chekroud, 2007**).

Les eaux souterraines représentent environ 97% de l'eau douce liquide intérieure totale (**Bosca, 2002**). Environ 75 à 90% de la population mondiale utilise les eaux souterraines (**Merzoug et al., 2010**). Dans notre pays, les eaux souterraines constituent un patrimoine hydraulique, car il est relativement facile à exploiter, et est traditionnellement la source d'eau préférée pour l'eau potable, et comme les eaux de surface, il est insensible aux polluants. En revanche, certaines régions de l'Algérie se sont avérées incapables de fournir des quantités suffisantes d'eau potable et d'équipements d'assainissement, par conséquent, la qualité et la quantité d'eau sont menacées.

Pour faire face à la pénurie d'eau, les populations doivent utiliser des puits d'eau et des sources de qualité, ce qui est inquiétant (**Myrand, 2008**). L'avantage de ces structures est qu'elles peuvent résoudre le problème d'approvisionnement en eau, cette marchandise n'est pas toujours garantie. Cependant, ces ressources dépendent d'une série de facteurs naturels et humains qui sont limités chaque jour, ce qui conduit à la qualité de médiocre de leur hygiène. Le mécanisme de cette pollution de l'eau le sous-sol est généralement un processus évolutif du temps et de l'espace, qui est difficile à contrôler (**Myrand, 2008**).

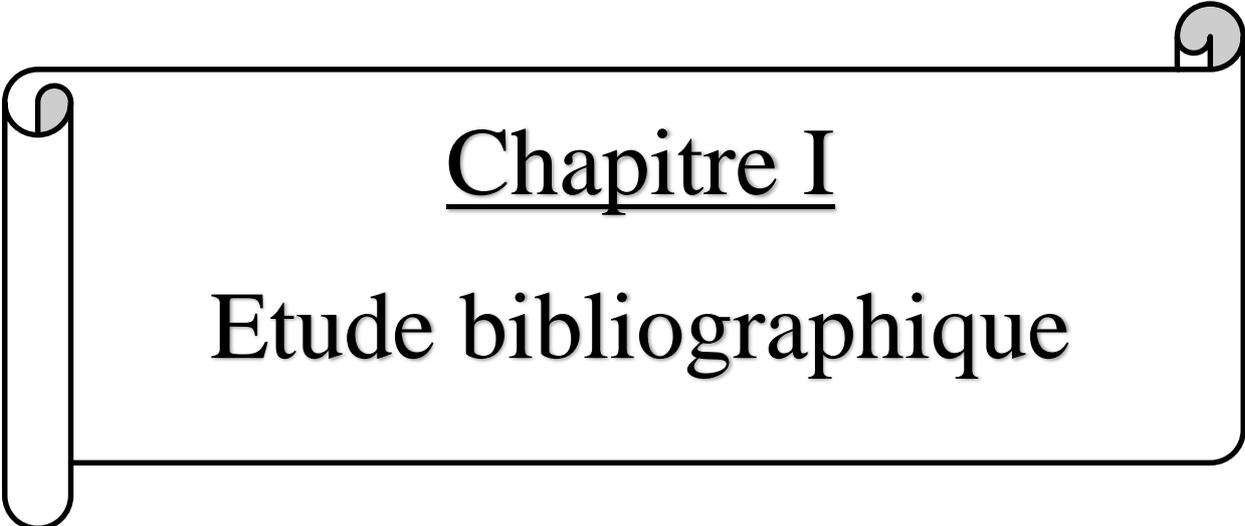
L'élimination des eaux souterraines contaminées peut être longue et coûteuse, et dans certains cas, elle peut même être impossible. C'est pourquoi il doit être correctement protégé pour minimiser le risque de pollution qui le menace (**Myrand, 2008**).

Le présent travail s'intéresse et contribue à l'étude et à l'évaluation des risques de consommation des eaux des puits situés dans la wilaya de Guelma en mettant en évidence les éventuels risques de maladies à transmission hydrique auxquelles sont exposés leurs consommateurs.

Face à ces constats, notre étude s'est focalisée sur une thématique dont l'objectif : détermination de la qualité des eaux des puits dans la wilaya de Guelma et d'identifier les bactéries pathogènes dans l'eau polluée.

Cette étude structurée en 3 (trois) points :

- Une première partie correspondant à la synthèse bibliographique consacrée d'une part à des généralités sur l'eau et d'autre part à la pollution des eaux des puits, la qualité de l'eau et la santé humaine et enfin l'évaluation des risques liés à la consommation des eaux de puits.
- Une deuxième partie expérimentale décrivant le matériel et les méthodes.
- Une troisième partie donnant les résultats suivis de discussion et de recommandations avant de se terminer par une conclusion générale.



Chapitre I

Etude bibliographique

I. Généralité sur les eaux de puits :

1. Définition :

Un puits est un ouvrage d'environ 1 mètre de diamètre, faite de pierres ou de buses de ciment (Figure 01). Il est l'héritier de l'époque où ce genre d'ouvrage était effectué à la pelle et à la hache par un homme qui descendait progressivement vers la nappe phréatique et stoppait logiquement sa progression lorsqu'il commençait à avoir de l'eau à la taille (**Bessaklia et Gherba, 2012**).

Aussi il peut être défini comme : un Trou vertical, généralement circulaire et à parois maçonnées, parfois entouré d'une margelle, creusé dans le sol pour atteindre une nappe aquifère [01]. (Nappe libre ou phréatique) [02].

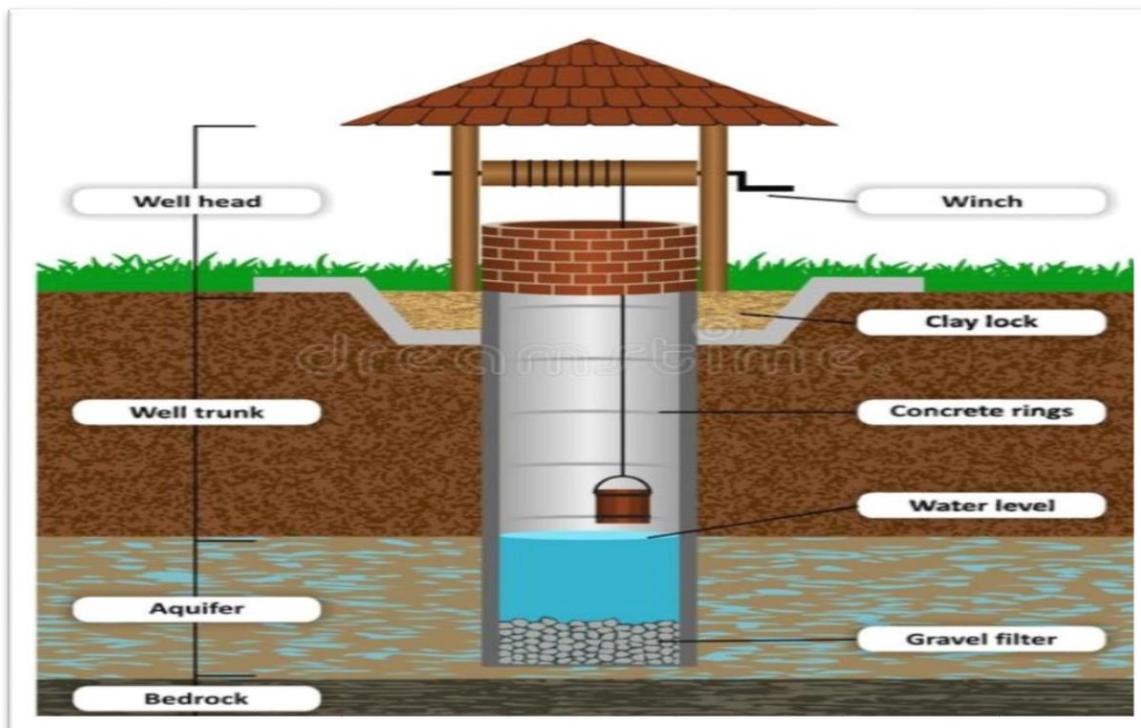


Figure 01 : Les étapes de construction d'un puits [03].

2. Types de puits :

Il existe différents types de puits en fonction de la profondeur, du volume de l'eau, des coûts ou de la pureté de l'eau. Parfois, l'eau est soumise au traitement avant d'être consommée par les utilisateurs. Le contrôle régulier devrait donc se produire à la fin du travail, mais aussi dans son existence [04].

2.1.Puits creusés :

Cette technique traditionnelle est la plus simple : le puits est excavé par la pelle et la pointe. C'est moins cher, mais plus fatigué que d'autres méthodes. Cependant, les ressources mécaniques sont utilisées pour éviter des contraintes physiques intenses. Le sol doit être assez exploitable et la nappe phréatique doit être profonde pour recourir à cette technique. Habituellement, ces puits sont entourés de pierres pour renforcer.

Cependant, le couvercle (par anneaux concrets) est une solution plus efficace. Les puits sacrés sont peu profonds et peuvent aller de 10 à 20 m de profondeur ; Certaines sont de 30 à 40 m, mais elles sont assez rares. Comme il est peu profond, il est plus facile d'être exposé à la pollution et au séchage, contrairement aux autres puits [04].

2.2.Puits forcés :

Ce type de puits a été construit par enfoncement ; Un mouvement vertical arrière d'un tube perforé pointu sur une terre friable, telle que du sable ou du gravier. Pour protéger l'infiltration, la partie inférieure du tube est équipée d'un filtre. Dans ce type de puits, l'eau est attirée vers la profondeur moyenne de 15 à 100 m, en fonction de la technique utilisée. En fait, les trois moyens de renversement sont les suivants :

- **Forçage par battage** : composé d'un enfoncement de tube équipé d'une pointe, en laissant un trépan tomber à la fin du tube.
- **Forçage par injection d'eau** : Le scintillement d'injection d'eau consiste à injecter de l'eau sous pression dans un tube pour faciliter l'excavation du sol et le nettoyage des débris.
- **Forçage par havage** : ce procédé nécessite d'excaver le sol à la base du tubage en position verticale, lui permettant (au sol) de s'enfoncer [04].

2.3.Puits forés ou forages :

Ils sont fabriqués par des techniques plus modernes, notamment par percussion d'un outil dans le sol ou par l'action en rotation d'un outil coupé (bit ou perceuse), qui casse et broie les rochers. Les forages peuvent atteindre 300 mètres de profondeur [04].

II. Pollution des eaux de puits :

1. Source de pollution :

Les sources de polluants sont divisées en quatre catégories, qui peuvent être permanentes, périodiques, voire accidentelles ou aiguës (**Gaujout, 1995**).

1.1.Pollution domestique :

Elle est causée par les bâtiments résidentiels et se caractérise par la présence de bactéries fécales, de grandes quantités de matière organique, de sels minéraux et de détergents. Cela peut être la cause de la détérioration de la clarté de l'eau et des conditions d'oxygénation (**Boeglin, 2009**). Si l'hygiène collective ou personnelle n'est pas bonne, Les substances indésirables contenues dans les eaux usées et les eaux récupérées pollueront le niveau des eaux souterraines. Les déchets domestiques accumulés dans des décharges illégales ou qui ne satisfont pas aux normes libéreront également des lixiviats riches en polluants (**Rodier, 2009**).

1.2.Pollution industrielle :

Les activités industrielles libèrent principalement des métaux, des hydrocarbures, des acides, des substances radioactives et augmentent la température de l'eau (**Grosclaude, 2011**). Selon SOES (service de l'observation et statistiques), la métallurgie et la chimie sont responsables des émissions de polluants les plus importantes dans l'eau (**Faurie, 2003**).

1.3.Pollution agricole :

L'état et la qualité de l'eau sont fortement influencés par les activités agricoles et d'élevages actuels (**Benmaïd, 2013**). Les Produits phytosanitaires qui utilisent des engrais chimiques phosphorés et azotés pour protéger les cultures. Ces produits, parfois toxiques lorsqu'ils sont utilisés en quantité excessive, contamineront les eaux de surface et souterraines par infiltration lors des périodes de pluie (**Bouziani, 2000**) (Figure 02).

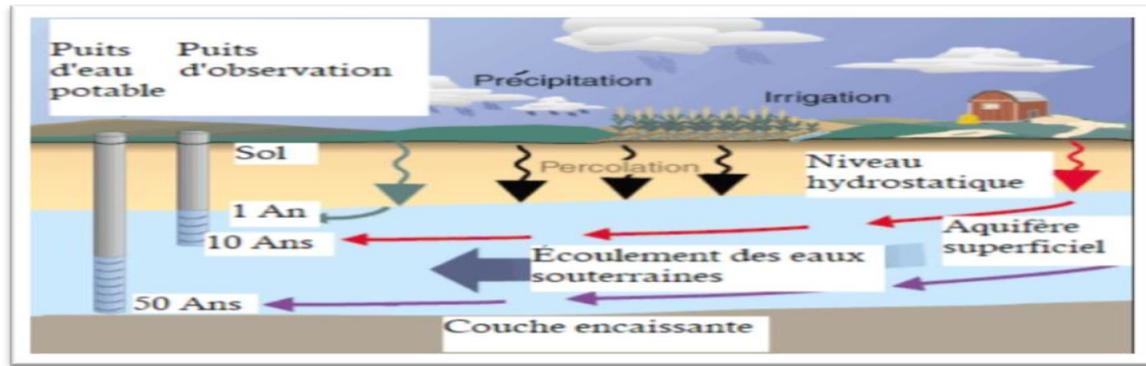


Figure 02 : Pollution des eaux par les pesticides [05].

1.4. Pollution naturelle :

Divers phénomènes naturels sont également à l'origine de pollutions par exemple l'ébullition volcanique, etc (Djabri, 1996). Les inondations après de fortes pluies ont favorisé la propagation des bactéries associées aux excréments d'oiseaux et d'animaux sauvages (Djabri, 1996).

2. Types de pollution :

2.1. Pollution physique :

Elle peut être radioactive, thermique ou produite par le transport de MES. Ceux-ci peuvent créer une turbidité et donner à l'eau une apparence désagréable, la pollution radioactive et thermique provient du rejet de radio-isotopes ou d'eau chaude utilisée pour refroidir l'électricité et les centrales nucléaires.

Les conséquences directes de ce rejet sont l'augmentation de la température des eaux naturelles, qui modifie le taux d'oxygène, augmente l'activité cellulaire et la respiration de la biocénose, réduira la diversité du phytoplancton et pourra provoquer la prolifération d'espèces thermophiles (Debabza, 2005).

2.2. Pollution chimique :

Il existe de nombreux types de polluants chimiques et d'origines diverses : déchets industriels minéraux et organiques. Ils peuvent être dégradables ou non dégradables. Ce sont les engrais agricoles, les pesticides, les organochlorés, les hydrocarbures et les détergents. On dit que certains éléments toxiques (Pb, Ar...etc.) dits bio accumulables, peuvent atteindre l'homme à travers la chaîne alimentaire du plancton et causer des altérations graves de certains organes (Debabza, 2005).

2.3. Pollution microbiologique :

C'est une forme de pollution de l'eau causée par la présence de micro-organismes pathogènes (**Debabza, 2005**). Cette pollution est principalement liée aux eaux usées urbaines. Ces dernières sont très chargées en bactéries pathogènes, coliformes, virus et parasites. L'élimination de ces bactéries se fait par les matières fécales contaminant les égouts urbains, les eaux résiduaires hospitalières et les eaux de surface (**Debabza, 2005**). Ces bactéries proviennent principalement du tube digestif des humains et des animaux. Ces microorganismes sont inoffensifs. Ils témoignent seulement qu'il y a une pollution de l'eau par les excréments humains ou animaux (**Pierre, 2009**).

3. Lutte contre la pollution de l'eau :

La réduction de la pollution de l'eau conduit principalement par l'application des meilleures pratiques des utilisateurs de l'eau et du milieu aquatique sur l'ensemble du bassin. Les objectifs sont multiples : soutenir les activités les moins polluantes, améliorer les usages pour réduire la quantité de substances utilisées ou rejetées et intercepter les flux de polluants dans le bassin versant (**Boeglin, 2009**).

Par conséquent, afin de réduire cette pollution, nous devons :

- Purifier l'eau avant la décharge directe.
- Réduction de risque de contamination accidentelle.
- Réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires (engrais ...etc) .
- Ajuster la fertilisation du sol.
- Éviter le transfert dans le milieu aquatique.
- Contrôler ou interdire l'utilisation de substances dangereuses.
- Protégez la zone de bassin versant.
- Solution propre, difficile et coûteuse.

Les conséquences de la pollution de l'eau sont les suivantes :

- **Hygiène** : Maladies microbiologiques ou toxicologiques liées à l'absorption ou au contact avec les eaux usées.
- **Écologie** : destruction à grande échelle de plantes et d'animaux aquatiques pendant les périodes de rejets industriels incontrôlés, d'eutrophisation et d'hypoxie environnementale.
- **Économie** : la pisciculture et les activités agricoles, industrielles et touristiques sont entravées (**Gaujour, 1995**).

III. Qualité d'eau et santé humaine :

1. Contaminants microbiologiques :

1.1. Coliformes totaux :

Le terme « coliforme » comprend de nombreuses bactéries qui appartiennent en fait à la famille des entérobactéries. Le terme « coliformes » se réfère à des organismes anaérobies facultatif en forme de bâtonnet, non sporulés, à Gram négatif, à oxydase négative, peuvent se développer en présence de sels biliaires ou d'autres tensioactifs ayant une activité inhibitrice de croissance similaire, et peuvent fermenter le lactose (et le mannitol) en 48 heures à une température de 48 à 35 °c pour produire des acides et des aldéhydes.

Le groupe des coliformes comprennent les genres suivants : *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Yersinia*, *Serratia* (Debabza, 2005). Leur résistance aux agents antiseptiques, notamment au chlore et à ses dérivés, est voisine à celle des bactéries pathogènes vis-à-vis desquelles ce type de traitement est instauré ; Par conséquent, ils constituent comme des indicateurs de l'efficacité du traitement des eaux (Debabza, 2005).

Par conséquent, le dénombrement des coliformes totaux est un examen important pour la vérification de l'efficacité d'un traitement désinfectant, et intérêt plus nuancé pour détecter la contamination fécale (Debabza, 2005).

1.2. Coliformes fécaux (coliformes thermotolérants) :

Ces coliformes présentent les mêmes caractéristiques que les coliformes totaux après incubation à 44 ° C.

Les coliformes fécaux comprennent les espèces suivantes : *Citrobacter-diversus*, *Citrobacter-amalonaticus*, *Enterobacter-aerogenes*, *Enterobacter-cloacae*, *E.coli*, *Citrobacter-freundii*, *Klebsiella-pneumoniae*, *Klebsiella-oxytoca*, *Moellerella* , *Salmonella*, *Yersinia enterocolitica* (Mohamed Ben Ali Rim, 2014).

La présence de coliformes fécaux dans le milieu aquatique, en particulier *Escherichia coli*, est considérée comme un bon indicateur de la contamination récente de l'environnement causée par des excréments humains ou des animaux à sang chaud (Debabza, 2005).

1.3. Bactéries entérocoques et streptocoques fécaux :

Les entérocoques peuvent être utilisés comme indicateur de contamination fécale des eaux souterraines car ils sont plus résistants aux conditions environnementales difficiles et durent plus longtemps dans l'eau que les coliformes. Dans le réseau de distribution, les entérocoques ne se développent pas. Par conséquent, leurs tests reflètent généralement une contamination fécale récente (INSPQ, 2002).

Selon l'INSPQ (institut national de santé publique de Québec). Il est recommandé de ne pas consommer d'eau souterraine dans laquelle des entérocoques ont été identifiés, car leur présence suspectera sérieusement une contamination fécale et la présence de microorganismes entéropathogènes (INSPQ, 2002) (Figure 03).

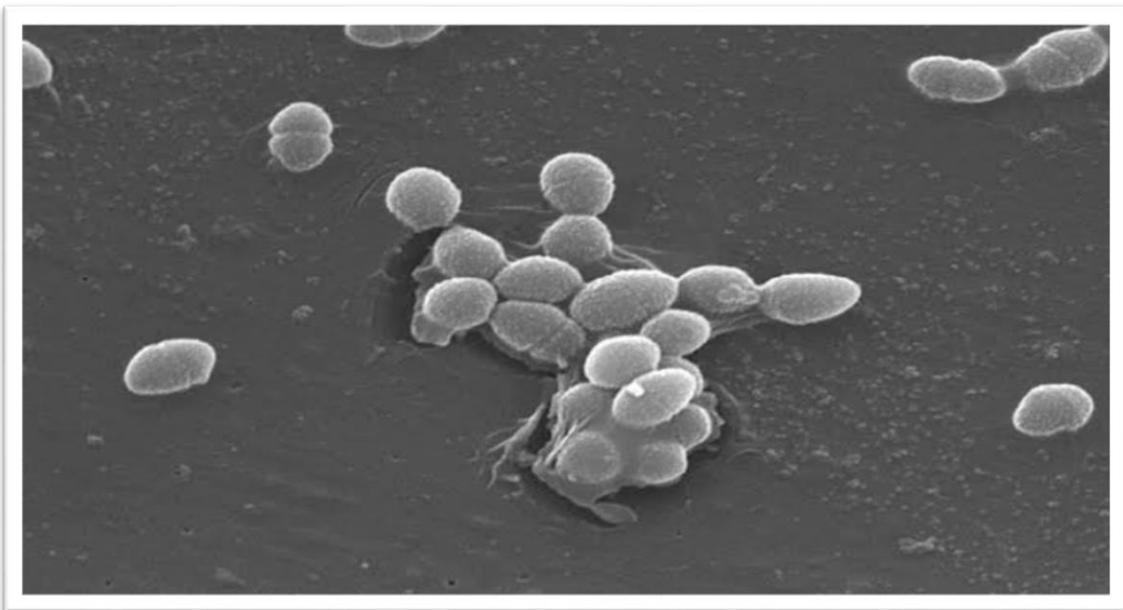


Figure 03 : Les entérocoques (INSPQ, 2002).

1.4. *Clostridium* sulfito-réducteurs :

Qui peuvent être considérés comme des bactéries fécales, ce sont aussi des microorganismes telluriques, il est avantageux de ne rechercher que les espèces les plus susceptibles d'être à l'origine de matières fécales (Rodier et al., 1996). En particulier les *Clostridium perfringens* sont des bâtonnets de spores anaérobies Gram (+) (Champiant et al., 1988).

1.5. Salmonelles :

Elles appartiennent à la famille des *Enterobacteriaceae* et sont des bâtonnets mobiles Gram (-), aérobies et éventuellement anaérobies (Figure 04). Elles fermentent le glucose, le maltose et le mannitol avec production du gaz, mais ne fermentent pas le saccharose. Elles réduisent les sulfites en sulfures et décarboxylase la lysine. On les trouve dans les matières fécales des animaux ou des humains porteurs de maladies et les porteurs sains elles sont parfois la cause la plus fréquente d'infection chez l'homme par des organismes pathogènes chez les animaux hôtes (UNEP/WHO, 1977). En milieu marin, les exportations d'eaux usées sont la principale source de pollution par les salmonelles (Leclerc *et al.*, 1995).

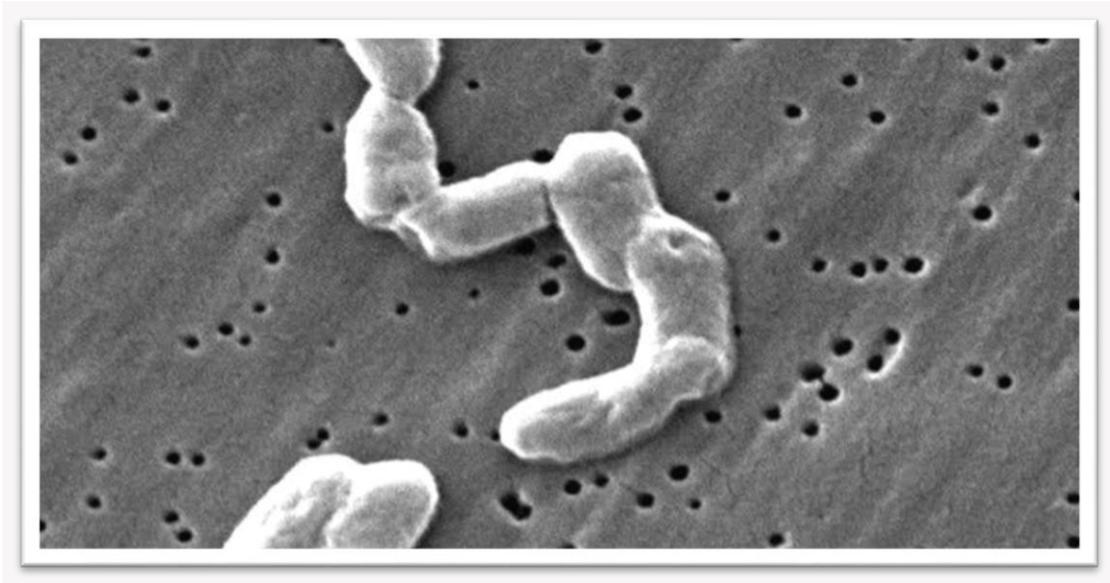


Figure 04 : Les salmonelles [06].

1.6. Vibrions :

Vibrion est une bactérie à Gram négatif et un hôte naturel dans le milieu marin. Ils existent à l'état libre ou sont liés à divers supports, sédiments, particules en suspension et plancton. On les trouve également dans les intestins et les tissus des poissons, des crustacés et des mollusques et crustacés, ils existent donc naturellement dans les matières premières de la nourriture (Figure 06). Leur densité dans le milieu marin variera en fonction de divers facteurs climatiques et environnementaux, tels que la température de surface de l'eau, la salinité, la turbidité, le pH et la chlorophylle A. Les bactéries genre *Vibrio* sont souvent isolées des fruits de mer à faible concentration.

Par conséquent, les risques pour la santé sont essentiellement liés à leur capacité à se reproduire dans les aliments pendant le stockage ou la transformation ce sont aussi des bactéries qui se développent rapidement dans les fruits de mer, y compris les crustacés vivants. Les

produits légèrement contaminés, mais stockés dans des conditions de température difficiles, peuvent atteindre rapidement des doses infectieuses humaines (Hounsounou *et al.*, 2018).



Figure 05 : Les vibrions [07].

2. Contaminants physico-chimiques d'origine naturelle :

2.1.Arsenic :

L'arsenic est un métalloïde naturel présent dans le sol et il ne peut polluer les eaux souterraines qu'en dissolvant les roches contenant de l'arsenic. L'arsenic existe dans plusieurs formes de composés organiques et inorganiques présentant divers degrés de toxicité (INSPQ, 2006).

En plus de l'arsenic présent dans l'eau potable, l'arsenic atmosphérique a également été trouvé à partir de la combustion de combustibles fossiles, de la production de métaux, des activités agricoles et de l'incinération de déchets. De plus, l'arsenic est utilisé comme agent de préservation du bois. Enfin, l'arsenic, généralement sous forme organique, se retrouve dans de nombreux poissons et crustacés. Cependant, cette forme d'arsenic est moins toxique et est rapidement excrétée par l'organisme. C'est pourquoi il ne peut être directement comparé à l'apport d'arsenic dans l'eau potable (INSPQ, 2006).

Le centre international de recherche sur le cancer (CIRC /IARC) classe l'arsenic comme 1 (cancérogène pour l'homme). Une exposition à long terme à l'arsenic augmente le risque de cancer des organes internes et aussi de la peau (cancer de vessie et cancer de poumon). De plus,

des études récentes indiquent qu'elle peut avoir un impact sur la reproduction et le développement de l'enfant (**Direction de santé publique de l'Estrée, 2014**).

2.2. Baryum :

Le baryum est un élément chimique de la famille des alcalino-terreux. Dans l'eau, il provient principalement de sources naturelles, mais certaines sources anthropiques peuvent également provoquer une contamination de l'eau (industries du gaz et du pétrole, plastiques, caoutchouc, électronique, plastiques, céramiques, verre, papier ...) (**INSPQ, 2014**).

La concentration rencontrée dans l'eau naturelle est limitée par la solubilité du sel de baryum et ne peut qu'exceptionnellement dépasser 2 mg / l (**Anses, 2015**). La concentration la plus élevée se trouve principalement dans les eaux souterraines avec un pH acide et dans lesquelles la solubilité du baryum est élevée. Dans ces eaux, la concentration de baryum est relativement stable dans le temps (**Anses, 2015**). Par ailleurs, certains sous-groupes de la population pourraient être plus à risque aux effets du baryum tels que les personnes souffrant d'hypertension, de problèmes cardio-vasculaires ou de maladies des poumons, les femmes enceintes et les fumeurs (**INSPQ, 2014**).

2.3. Nitrites-nitrates :

Le nitrate et le nitrite sont trop répandus dans notre environnement. L'azote naturellement oxydé par les micro-organismes et dans une moindre mesure par oxydation fulgurante. Les activités humaines, notamment l'agriculture, le traitement des eaux usées, les processus industriels et le rejet de véhicules à moteur, sont les sources les plus importantes de ces substances (**Canada Santé Canada, 2013**).

Le nitrate est très soluble dans l'eau et lorsque la teneur en eau dépasse les exigences de la végétation, est facile de migrer vers les eaux souterraines. Nous pouvons ajouter des fosses aux ressources précédentes, absence de septicémie. De plus, si le niveau des eaux souterraines est peu profond, le risque de pollution est plus élevé. Ces éléments peuvent être perturbés les fonctions de la glande thyroïde (**INSPQ, 2003**).

2.4. Manganèse :

Le manganèse se trouve principalement dans la nature sous forme de minéraux. Il existe plus de 250 sortes de minerais de manganèse. La teneur en manganèse est également très faible dans l'eau, chez les animaux, les plantes ainsi le corps humain. Le manganèse, peut contaminer les équipements sanitaires, et peut favoriser la croissance de micro-organismes dans le système

d'eau. À des concentrations plus élevées, il peut causer un mauvais goût dans les boissons (quand la concentration en manganèse dépasse 150 µg / L) (Canada Santé Canada, 1987). Le manganèse (Mn) est un métal qui peut également avoir des effets néfastes sur le développement du système nerveux (Bouchard, 2010).

2.5. Fluor (F) :

Le fluorure existe dans le sol, l'air et l'eau sous forme de fluorures (Degbey, 2011). La principale source de fluorure dans les eaux souterraines sont les roches sédimentaires. Les zones de thermalisme sont également concernées. Par exemple Si la teneur en Ca⁺² du gypse est élevée, la concentration de fluor diminuera. Le fluor est considéré comme un élément essentiel pour prévenir les caries dentaires (dentifrice fluoré). Cependant, la consommation régulière d'eau avec une concentration de fluorure supérieure à 2 mg /l peut provoquer des problèmes de fluorose osseuse et dentaire (OMS, 1990).

3. Contaminants industriels ou d'origines commerciales :

Il est très difficile d'enregistrer les cas de polluants industriels ou commerciaux affectant l'eau des puits personnels. Les polluants les plus courants dans les eaux souterraines sont les produits pétroliers, les hydrocarbures pétroliers en C10 à C50, le BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène, xylène), les métaux aromatiques et les hydrocarbures polycycliques (Québec. MDDELCC . s. d, 2015).

IV. Evaluation des risques liés à la consommation des eaux de puits :

1. Evaluation des risques hydriques d'origine microbiologique :

Cette évaluation est principalement utilisée lors de la détermination des normes ou des recommandations de la qualité de l'eau potable. Cette approche peut également être utilisée en cas de dépassement des normes afin de déterminer l'importance et le type de mesure à adopter pour protéger la santé de la population exposée. La première étape utilisée dans l'évaluation des risques est d'évaluer si le microorganisme a un agent pathogène. Pour évaluer ces risques, un certain nombre d'indicateurs de contamination fécale sont inclus (Gouvernement du Québec, 2004).

2. Risques liés à l'eau :

Les risques liés à l'eau potable peuvent être divisés en trois catégories : les risques à court, moyen et long terme.

- Le risque à court terme correspond au risque de ne boire qu'un verre d'eau : ce n'est qu'exclusivement microbiologique, dans ce cas la source de pollution est urbaine.

- Les risques à moyen et long terme sont liés à la consommation régulière et continue d'eau contaminée chimiquement pendant des semaines, des mois, voire des années, dans ce cas, les sources de pollution sont l'industrie et l'agriculture (**Gouvernement du Québec, 2004**).

3. Gestion des risques hydriques :

La gestion technique et hygiénique doit être préventive autant que possible, c'est-à-dire appliquée dès le choix des ressources, puis dans le processus de conception et de la réalisation des installations, pour assurer la protection des individus vis-à-vis des risques hydriques (**Boussinesq, 1997**). En effet, la gestion des ressources en eau fait partie intégrante de la gestion préventive de la qualité de l'eau potable. La prévention de la pollution microbienne et chimique d'eau de source est le premier obstacle s'opposant à la contamination de l'eau potable qui a causé des problèmes de santé publique (**N'diaye, 2002**).

3.1. Surveillance de qualité de l'eau :

Elle est définie comme "une évaluation et une supervision de santé publique continues et vigilantes de la sécurité et de l'acceptabilité de l'approvisionnement public en eau potable" ; La surveillance de la qualité des eaux souterraines correspond à la conduite des analyses, tests et observations de certains paramètres à des points clés du réseau d'approvisionnement en eau de boisson. Le but principal de la surveillance est de vérifier que l'eau distribuée répond aux critères de potabilité. C'est un moyen de protéger la santé publique (**N'diaye, 2002**).

Cette surveillance comprend :

- Effectuer un contrôle régulier de la qualité pour vérifier si le traitement et la distribution sont conformes aux objectifs et à la réglementation.
- La surveillance à intervalles spécifiés de tout le réseau de distribution à partir de la source jusqu'aux consommateurs pour assurer la sécurité microbienne (**N'diaye, 2002**).

4. Voies de transmission des agents infectieux

L'eau de boisson n'est qu'un moyen de la transmission des agents pathogènes par voie oro-fécale. La transmission des maladies d'origine hydrique dépend de trois facteurs : l'agent (organismes infectieux), l'environnement et l'individu (**Gouvernement du Québec, 2004**). La transmission peut être une :

- Transmission directement à travers l'ingestion d'eau de boisson contaminée ou par les mains sales portées à la bouche (Figure 07).

- Transmission indirecte par des aliments ou les objets souillés par l'eau ou les mains sales (Le Guyader, 1999).
- En raison de la diversité des voies de transmission, les mesures visant à améliorer la qualité de l'eau et leur disponibilité, l'élimination des excréta et l'hygiène en général sont particulièrement importants pour réduire la morbidité et la mortalité de la diarrhée (OMS, 2005).

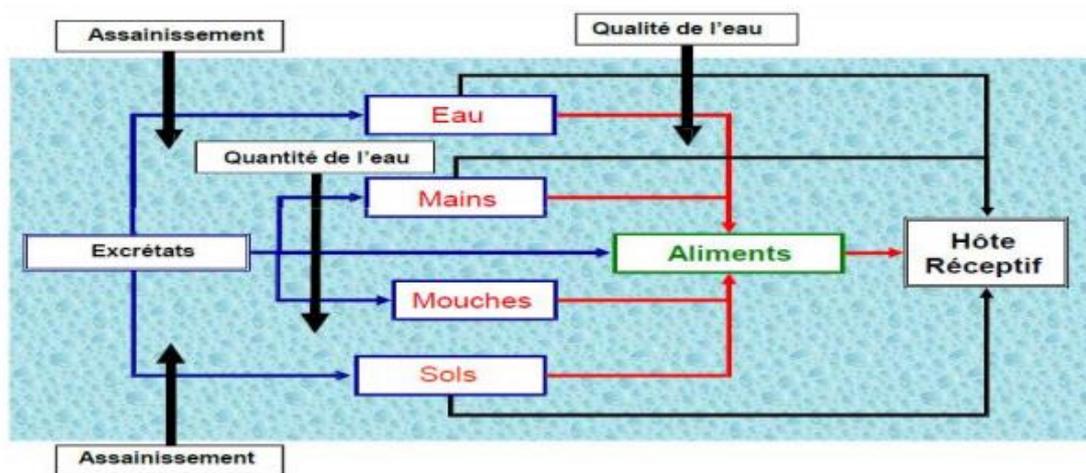


Figure 06 : Voie Oro-fécale (Aroura.A, 1997).

5. Maladies à transmission hydrique :

Les maladies à transmission hydrique (MTH) sont également appelées maladies de canalisation, ils constituent un groupe de maladies à allure épidémique provoquées par l'ingestion d'eau contaminée par certains germes. La MTH couvre une large variété de manifestations pathologiques d'origine : bactérienne, parasitaire ou virale, tels que des bactéries strictement pathogènes ou opportunistes, virus ou parasites issues des matières fécales humaines ou animales, dont l'élément commun est le mode de contamination : l'eau (Aroura, 1997).

La propagation du MTH est liée à divers facteurs, tels que la mauvaise qualité de l'eau, le manque d'hygiène et la pauvreté. Les humains et les animaux peuvent être les hôtes de bactéries, de virus et de protozoaires à l'origine de ces maladies (OMS, 2005).

Parmi les infections à transmission hydrique que l'on retrouve à Guelma, on peut citer : la fièvre typhoïde, les hépatites infectieuses...

6. MTH dans la wilaya de Guelma (2016-2020) :

Les données fournis par la direction de la santé et de la population des maladies à transmission hydrique au niveau de la wilaya de Guelma sont illustrées dans les figures ci-après :

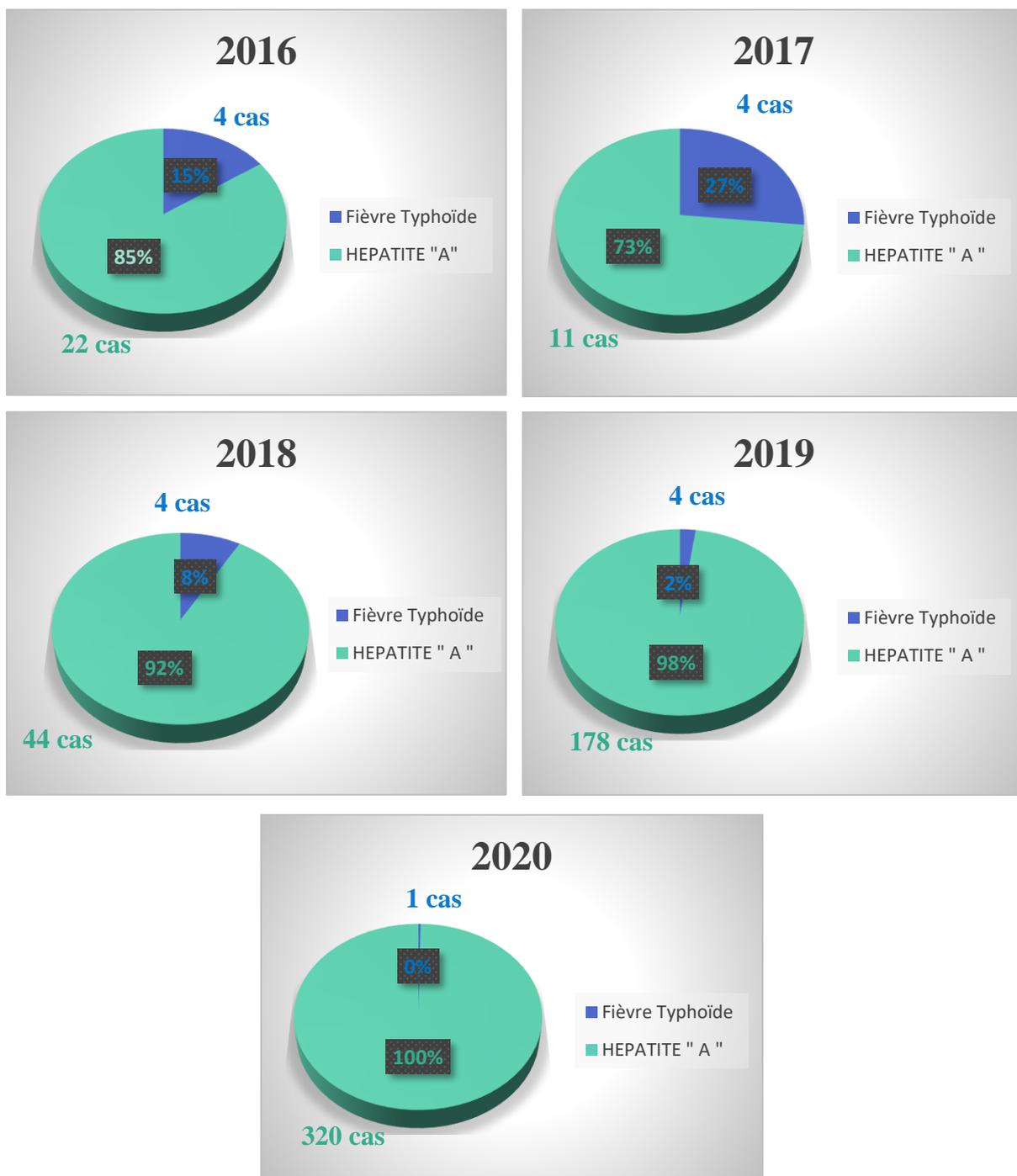


Figure 07 : Situation épidémiologiques des MTH de la wilaya de Guelma (2016-2020).

7. Principaux facteurs de maladies à transmission hydrique :

- L'obsolescence des réseaux en milieu urbains, qui provoque souvent des connexions croisées entre le système sanitaire l'eau potable.
- Plusieurs exigences des boissons en eau, associées à une mise en œuvre de données démographiques, d'autre part, dans le développement économique et industriel.
- Les facteurs sociaux, tels que l'énorme exode rural de la population.
- La dégradation d'environnement (**Aroura, 1997**).

Tableau 01 : Les bactéries pathogènes responsables des maladies d'origine hydrique (N'diaye, 2002 ; Masschelein, 1996 et Hordé, 2014).

Bactéries	Pathologies
<i>Salmonella</i>	<p>Fièvre typhoïde : causée par une bactérie du genre des salmonelles dont les espèces responsables sont : <i>Salmonella enterica</i>, <i>Salmonella typhi</i> ou <i>Salmonella paratyphi A, B et C</i>, trouvé dans le lait, la nourriture ou l'eau contaminée.</p> <p>Maladie strictement humaine, les symptômes sont des maux de tête, des nausées et l'anorexie et diarrhée.</p>
<i>Shigella</i>	<p>La gastro-entérite : inflammation intestinale faisant suite à une infection touchant les muqueuses présentes dans l'estomac et l'intestin. Généralement transmise par l'eau ou par les aliments souillés.</p> <p>Les symptômes : nausées, vomissements, crampes abdominales et de la diarrhée allant de la diarrhée aqueuse légère, jusqu'à la dysenterie sévère.</p> <p>La dysenterie : Il existe la dysenterie bacillaire ou shigellose (causée par diverses bactéries), la dysenterie amibienne ou amibiase (causée par des amibes), mais seule la shigellose peut entraîner la mort, les taux de mortalité peuvent atteindre 20%.</p>
<i>Escherichia coli</i>	Diarrhée risque de complications (urémie hémolytique) chez les enfants (nouveaux nés)...
<i>Legionella pneumophila</i>	Pneumonie et autres infections respiratoire.
<i>Vibrio cholerae</i>	<p>Choléra : C'est une maladie infectieuse diarrhéique à caractère épidémique, d'origine bactérienne, transmise par voie digestive. La transmission de ce germées donc hydrique ou interhumaine : eaux polluées, produits marins contaminés, fruits et légumes irrigués, mains sales.</p> <p>Apparition brutale d'une diarrhée aqueuse, sans glaire ni sang, avec des vomissements abondants, entraînant une déshydratation rapide et sévère.</p>

Tableau 02 : Les virus à l'origine des maladies hydriques (Briere, 2000 ; Piar-Roux, 2002).

Virus	Pathologies
<i>Hépatite A</i> (VHA)	Les hépatites virales : se transmet en général par voie féco-orale, soit par contact direct d'une personne à l'autre, soit par ingestion d'eau de boisson ou de piscine, ou d'aliments contaminés.
<i>Entérovirus poliovirus</i>	La poliomyélite : C'est une maladie infectieuse aiguë, essentiellement neurotrope, immunisante, endémo-épidémique. La transmission se fait par voie oro-pharyngée , par voie féco-orale dans les pays en voie de développement (mains sales, eaux). Elle touche surtout les jeunes enfants entre 3 mois et 5 ans (paralysie infantile, fièvre, maux de tête vomissements, raideur ou douleurs dans la nuque).
<i>Adenovirus</i>	Responsables de conjonctivites (piscines) et d'infections respiratoires.
<i>Papillomavirus</i>	Responsable de cancer de l'utérus.
<i>Coronavirus</i>	«SRAS» est une pneumopathie mortelle dont la transmission est d'abord aérienne, mais la transmission hydrique est possible à la suite de contamination fécale et urinaire.
<i>Calciavirus</i>	Le virus de l'hépatite E est redoutable pour les femmes enceintes. La contamination résulte souvent d'ingestion d'eaux souillées et de Coquillages.

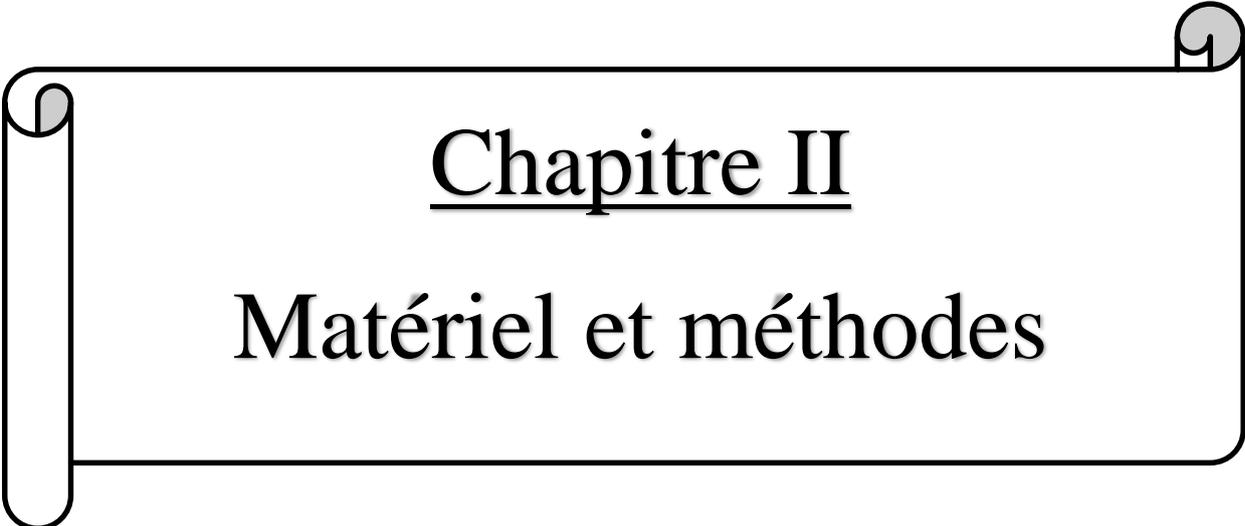
Tableau 03 : Les parasites responsables des maladies d'origine hydrique (Masschelein, 1996 et Hordé, 2014 ; Zoungrana., 2009 et *al.*, 2012).

Parasite	Pathologie
<i>Entamoeba histolytica</i>	L'amibiase ou la dysenterie amibienne (diarrhée, fièvre et des crampes abdominales, l'infection peut se compliquer).
<i>Giardia intestinalis</i>	Les Giardases : des symptômes gastro-entérite aigüe avec des douleurs abdominales, ballonnement, nausées, anorexie, vomissements, et diarrhée aqueuse.
<i>Ascaris lumbricoïdes</i>	Ascariase ou ascaridiose (fièvre et toux, troubles digestif).
<i>Schistosoma mansoni</i>	La bilharziose : Le parasite vie dans les veines abdominales de l'homme et expulse ses œufs dans l'urine et les fèces.
<i>Plasmodium</i>	Le paludisme : Le plasmodium parasite un moustique qui lui en a besoin et qui se satisfait de la moindre eau stagnante. Cette maladie transmise à l'homme par la simple pique d'un moustique infecté, se traduit par des accès intermittents de fortes fièvres.
<i>Onchocerca volvulus</i>	L'onchocercose : Le parasite responsable est un ver véhiculé par une mouche c'est la simule, dont les larves vivent dans les eaux courantes.

8. Tritement des eaux souterraines :

Les eaux souterraines suit toujours un traitement physique et chimique complet, tandis que les eaux souterraines ne sont soumises a que le traitement chimique de la désinfection (**Hartemann, 2004**).Aucune solution de traitement n'est développée pour les sources contaminées.

Lorsque l'analyse effectuée sur l'eau bien a reconnu les microorganismes pathogènes, le traitement approprié doit être configuré rapidement. L'eau est consommée pendant au moins une minute (**Benblida, 2011**).



Chapitre II

Matériel et méthodes

1. Aperçu sur la zone de prélèvement :

Pour contribuer à l'évaluation de la qualité bactériologique des eaux de puits de la wilaya de Guelma nous avons choisis précisément les puits suivants :

Les deux puits « **Boukerdime ettayeb** » (Figure 09) et « **El aggoune Idriss** » (Figure 10) se situent exactement à l'est de Wilaya de **Guelma** dans la commune de **Belkhir** exactement à « **Hadjar El Mangoub** » seulement à deux kilomètres de proximité de la Wilaya (Figure 08).



Figure 08 : Localisation de la zone de prélèvement des eaux de puits[10].



Figure 09 : Photo présentant le Puits
« Boukerdime Ettayeb (P1) ».



Figure 10 : Photo présentant le Puits « El Aggoune Idriss (P2) ».

2. Protocole d'échantillonnage :

Pour obtenir des résultats d'analyse représentatifs de la qualité de l'eau, il est important que l'échantillonnage soit fait avec méthode et rigueur. Ce protocole présente les procédures à suivre et les manipulations requises pour effectuer des prélèvements d'eau de la bonne façon. Avant de procéder au prélèvement il faut tenir en compte les précautions suivantes :

- Préciser l'emplacement de la station d'échantillonnage.
- Détermination du diamètre de puits.
- Type d'appareillage utilisé.
- Détermination de la quantité d'eau pour extraire des puits avant la collecte de l'échantillon.
- Détermination de la profondeur à lequel l'échantillon est prélevé.
- Détermination de fréquence d'échantillonnage.
- Filtration des échantillons dans le champ.
- Sélection du type de flacon pour collecter l'échantillon et sa composition.
- Emballage Vial.
- Mode de remplissage de flacon.
- Rétenion des échantillons.
- Transport d'échantillons (**Rodier, 2016**).

2.1. Technique du prélèvement :

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est un processus délicat qui nécessite de nombreuses précautions pour éviter une contamination accidentelle selon des procédures précises ; la personne qui prélève l'échantillon doit comprendre avec précision l'importance de l'échantillon pour la qualité du résultat d'analyse (**Rodier, 2009**). Les échantillons ont été prélevés selon le protocole d'échantillonnage des eaux des puits en suivant la méthode de pompage, cette technique se réalise en suivant des étapes précises :

- Prévoir le pré-pompage en fonction des conditions spécifiées par le Ddass (la direction départementale des affaires sanitaires et sociales).
- Utilisez une pompe et un matériau dédié et propre pour le prélèvement de l'eau.
- Tout d'abord prélevez l'eau pour l'analyse des paramètres microbiologiques.
- Ouvrez les bouteilles qui veillent à ne pas toucher l'intérieur de la bouteille, le couvercle et le fil.
- Ouvrez la bouteille stérile et placez-la immédiatement sous le jet d'eau.
- Pendant le remplissage de la bouteille, si le couvercle est amovible, gardez-le à l'écart des éclaboussures.
- Prélevez l'eau en laissant un volume d'air d'environ 1/10 du volume de la bouteille.
- Remboursement immédiat la bouteille (**Pierre, 2006**).

2.2. Choix et stérilisation des flacons :

On doit utiliser des flacons en verre de 250,500, 1000 ml, à bouchage émeri, ces flacons doivent être soigneusement nettoyés puis rincés. Les flacons et les bouchons sont ensuite enveloppés dans du papier filtre et pasteurisés dans un autoclave ou un pasteurisateur (**Rodier et al., 2016**).

2.3. Transport et conservation de l'échantillon au laboratoire :

Le contenu bactérien initial de l'eau dans le flacon peut être modifié après le prélèvement. L'évolution est plus difficile à prévoir et dépend de nombreux facteurs :

- Température.
- Compétition bactérienne de l'espèce actuelle.
- Composition chimique de l'eau.

L'analyse bactérienne doit commencer dans un délai maximum de 8 heures après le prélèvement de l'échantillon. Il doit être signalé au laboratoire responsable de l'analyse le même jour. Il est acceptable que le délai maximum entre le prélèvement et le début de l'analyse ne dépasse pas 24 heures. Les échantillons doivent être conservés à au moins + 4 ° C, et il est préférable de raccourcir ce délai lorsque l'eau est fortement contaminée (**Rodier et al., 2016**).

3. Recherche et dénombrement des germes :

3.1. Germes révivifiables :

Il s'agit de l'ensemble des microorganismes qui ont le pouvoir de se multiplier en aérobiose à une température optimale de croissance entre 20°C et 45°C. Cette microflore peut inclure des microorganismes pathogènes pour l'homme et l'animale mais Il existe aussi des microorganismes d'altération variés (**Caroline et al., 2001**). La flore totale aérobie mésophile (FTAM) ou la flore aérobie mésophile révivifiables (FAMR), est utilisé comme un indicateur sanitaire qui permet d'évaluer le nombre d'UFC (Unité Formant une Colonie) présentes dans l'eau (**Guiraud, 2003**).

➤ Mode opératoire :

- A partir de l'échantillon analysé (solution mère) on fait des dilutions décimales (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} ...)
- Porter aseptiquement 1 ml de chaque échantillon dilué dans des boîtes de Pétri vides, préétiquetées et numérotées.
- Compléter ensuite avec 19 ml de gélose (T.G.E.A), faites fondre et laisser refroidir (à 45°C).
- Le temps qui s'écoule entre le moment où l'on a distribué l'inoculum dans la boîte de pétrie et celui où le milieu est coulé ne doit pas dépasser 15 minutes.
- Ensuite, en effectuant un mouvement circulaire et de va-et-vient en forme de « 8 » sur une surface horizontale et fraîche pour mélanger l'inoculum avec la gélose.

- Laisser solidifier les boîtes durant 15 minutes à température du laboratoire
- Incubée les boîtes à 37°C pendant 72h (**Labres et al., 2008**).

➤ **Méthode de lecture et dénombrement :**

Les colonies de micro-organismes se présentent sous forme de lenticulaires poussant en masse (**Rejsek, 2002**).

- Il s'agit de compter toutes les colonies poussant sur les boîtes contenant entre 15 et 300 colonies et multiplier toujours le nombre trouvé par l'inverse de sa dilution.
- Calculer ensuite la moyenne arithmétique des colonies entre différentes dilutions (**Christiane, 1999 et lebres, 2006**).

Les résultats seront exprimés en unités formant colonies (UFC) de microorganismes révivifiables dans un millilitre d'eau à analyser à 37 ° C (**Rodier et al., 2016**).

Utiliser ensuite la formule suivante pour calculer la valeur du nombre N en tant que moyenne pondérée :

$$N = nc \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{1}{V_e}$$

- nc : nombre de colonies.
- d: dilution.
- Ve : volumeensemencé.

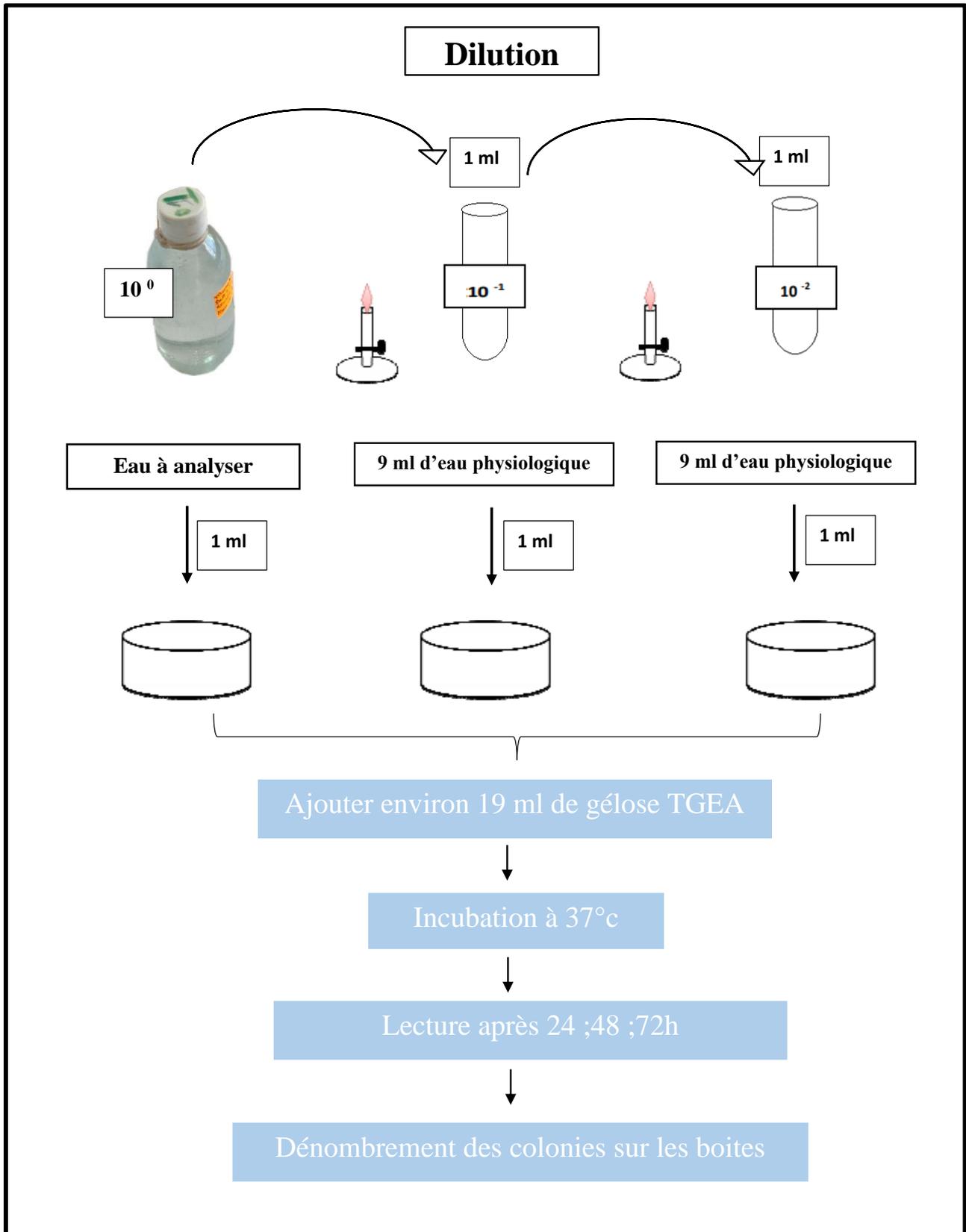


Figure 11 : Schéma du protocole de recherche et dénombrement des micro-organismes révivifiabiles dans les eaux de puits.

3.2. Germes indicateurs de contamination fécale :

3.2.1. Coliformes totaux et coliformes fécaux :

➤ **Principe :**

La Recherche et le dénombrement des coliformes totaux et coliformes fécaux et en particulier les coliformes fécaux sont effectués par la méthode du nombre le plus probable. Aussi connu sous le nom de colimétrie. Cette méthode est une estimation statistique du nombre de microorganismes supposés être distribués dans l'eau de manière complètement aléatoire.

La précision augmente avec le nombre de répétitions de chaque dilution, de sorte que les microplaques 12 x 8 puits conviennent parfaitement à cette méthode. Selon le nombre de tubes ou de puits « positifs » dans chaque série, cela peut indiquer la valeur la plus statistiquement possible (Rodier *et al.*, 2016).

➤ **Mode opératoire :**

Dans cette recherche y a deux phases de dénombrement ; le test présomptif et le test confirmatif.

• **Test présomptif :**

Test utilisé pour la recherche et le dénombrement des coliformes totaux. Ce test consiste à utiliser le milieu BCPL en D/C et S/C et une cloche du Durham pour le dégagement de gaz.

- Le 1er prélèvement : 3 boites pour chaque dilution c'est-à-dire 9 boites en totale.
- Le 2ème prélèvement : 3 boites pour chaque dilution c'est-à-dire 9 boites en totale.

On travaille avec une série de 3 tubes pour chaque dilution :

- 3 Tubes de BCPL D/C avec 10 ml de notre échantillon (eau de puits).
- 3 Tubes de BCPL S/C avec 1 ml de notre échantillon (eau de puits).
- 3 Tubes de BCPL S/C avec 0.1 ml de notre échantillon (eau de puits) .
- Une simple agitation pour dégazéifier les tubes pour ne pas pénétrer l'air dans la cloche.

➤ **Méthode de lecture et dénombrement :**

On fait la lecture après une incubation à 37 °C pendant 48 h, si les résultats seront considérés comme positifs, il faut que les tubes présentant à la fois : un dégagement du gaz supérieur à 1/ 10^{ème} de la hauteur de la cloche du durham, trouble microbienne, et une

modification de couleur vert le jaune (la couleur jaune c'est un signe de fermentation de lactose dans le milieu).

Le numéro caractéristique est conservé par les trois chiffres écrits dans l'ordre des dilutions croissantes qui commencent par le nombre correspondant à la plus grande dilution pour laquelle tous les tubes sont positifs (**Reggam, 2015**). Ce numéro caractéristique obtenu est basé sur la table Mac Grady avec le nombre de bactéries présentes (NPP) dans l'échantillonnage correspondant à la dilution la plus basse qui est prise en compte. Le nombre des coliformes totaux exprimé dans 100 ml d'échantillon d'eau.

- **Test confirmatif :**

Test utilisé pour la recherche et le dénombrement de coliformes fécaux ou les coliformes thermotolérants. Les subcultures ou les tubes à essai « positifs » sur un milieu liquide contenant des sels biliaires ou des tensioactifs, et les incubent à 36 ° C ou 44 ° C pour dénombrer les coliformes fécaux (**Rodier et al., 2016**).

- Le milieu de confirmation utilisée est Schubert.
- Dégager l'air présent dans les cloches de Durham et mélanger bien le tube.
- Le milieu et l'inoculum sera ensuite incubé à 44 ° C pendant 24 à 48 heures (**Savary, 2010**).

- **Méthode de lecture et dénombrement :**

- Après l'incubation, ajouter quelques gouttes de réactif Kovacs dans le tube à essai montrant la turbidité.
- Les résultats sont considérés comme positifs s'il y a une formation d'anneau rouge à la surface des tubes, et négatif si le cas inverse.
- Noter le nombre des tubes positifs et exprimer le résultat selon la table du nombre le plus probable (**Cadot et Gilles, 2013**).

3.2.2 Streptocoques fécaux (*Enterococcus*) :

Les streptocoques sont des coques à Gram positif, sporulées, généralement par paires ou principalement en chaînes de différentes longueurs, généralement immobiles. Ils sont catalase négative, certains pédiocoques ont un pseudo catalase et peuvent être exprimés en catalase positives (**Guiraud et Galzy, 1980**). La différence entre les genres est basée sur la disposition des cellules et le type de fermentation lactique (acide homolactique ou acide hétérolactique) (**Guiraud et Galzy, 1980**). Le dénombrement des streptocoques fécaux en milieu liquide se fait dans deux types de bouillons de culture : le milieu ROTHE et milieu EVA-LITSKY. Cette méthode utilise deux tests consécutifs, à savoir : test présomptif, suivit par le test de confirmation (**Cadot et Gilles, 2013**).

Mode opératoire :

- **Test présomptif :**

Test utilisé pour la recherche et le dénombrement des streptocoques totaux. Pour ce test on utilise le milieu ROTHE en D/C et S/C, les tubes à essais sont munis de la cloche Durham pour détecter le gaz qui peut être libéré dans le milieu. Nous travaillons avec une série de 3 tubes.

- 3 Tubes de ROTHE D/C avec 10 ml de notre échantillon (eau de puits).
- 3 Tubes de ROTHE S/C avec 1 ml de notre échantillon (eau de puits).
- 3 Tubes de ROTHE S/C avec 0.1 ml de notre échantillon (eau de puits).

Une simple agitation est nécessaire pour dégazéifier les tubes et empêcher la pénétration de l'air dans la cloche. L'incubation s'effectue à 37°C pendant 24 à 48 heures. Les tubes présentant une turbidité microbienne après incubation sont susceptibles de contenir des streptocoques fécaux et doivent être soumis au test confirmatif.

- **Test confirmatif :**

Test utilisé pour la recherche et le dénombrement de streptocoques fécaux. Les tubes de Rothe trouvés positifs ont été repiqués dans un milieu l'éthyle violet et acide de sodium (EVA-LITSKY) en utilisant une anse bouclée. Bien mélanger le milieu et l'inoculum, puis incuber à 37 ° C pendant 24 heures (**Rodier, 2009**).

➤ **Méthode de lecture et dénombrement :**

Les tubes qui présentant Un trouble microbien et Une pastille blanchâtre ou violet (un dépôt) au fond des tubes seront considérés comme positifs. Après comptage des tubes positifs on fait la lecture finale selon les prescriptions de la table du NPP, le nombre de streptocoques fécaux est pour 100 ml de l'échantillon analysé (**Rejsek, 2002**).

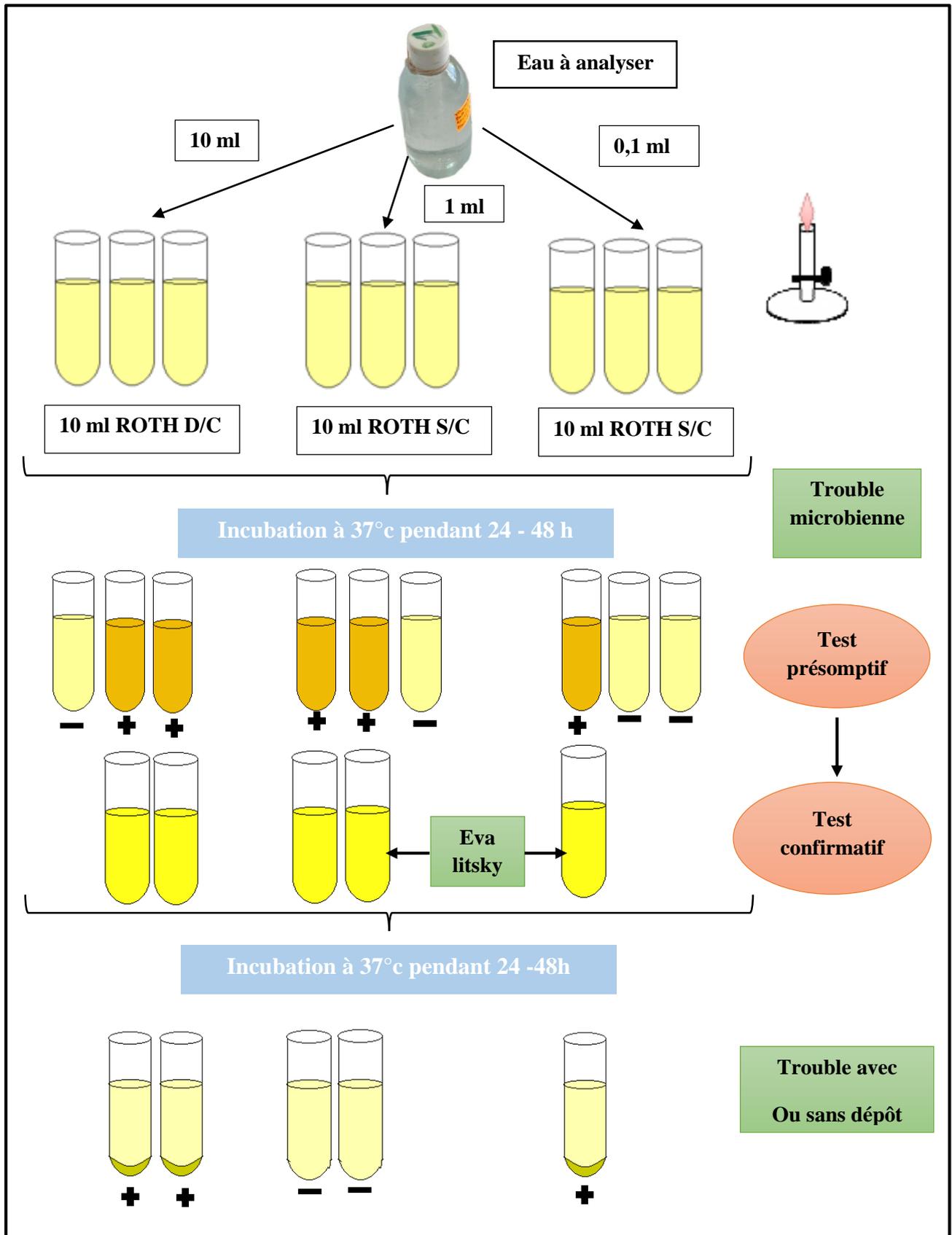


Figure 13 : Schéma du protocole de recherche et dénombrement des streptocoques (*Enterococcus*) dans les eaux de puits.

3.2.3 *Clostridium sulfito-réducteurs* (les spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices) :

Les bactéries anaérobies sulfito-réductrices désignent des bactéries qui se présentent sous la forme de bacilles à Gram positif, qui peuvent se développer à une température de 36 ± 2 ° C en 24 à 48 heures en gélose profonde de type gélose Tryptase Sulfite Cyclosérine ou Tryptose Sulfite Néomycine ou encore gélose Viande Foie, donnent des colonies spécifiques de couleur blanche entourées d'un halo noir. Cette dernière est le témoin de la réduction du sulfite de sodium (Na_2SO_3) dans le milieu, en sulfure et en présence de Fe^{2+} , donne le sulfure de fer (couleur noire) (Labres et al., 2008 ; Pechère, 1982).

Les microorganismes anaérobies sulfito-réducteurs sont des hôtes normaux qui se trouvent dans l'intestin, mais ils peuvent être trouvés dans le sol et la matière organique en décomposition. Ils sont beaucoup plus résistants que les autres indicateurs bactériens car ils sont sporulés. Parfois, Ils sont les seuls survivants d'une contamination ancienne (Guiraud, 1998).

➤ Mode opératoire :

Cette méthode est utilisée pour la recherche et le dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices et de *Clostridium sulfito-réducteurs* dans les eaux de puits, par incorporation en gélose en tubes profonds.

- 1) A partir de l'échantillon à analyser Transférer 20 à 25 ml dans un flacon stérile.
- 2) Mettez-le dans un bain marin à 80 ° C pendant 10 à 15 minutes, dans le but d'éliminer toutes les formes végétatives possibles de bactéries anaérobies sulfites réductrices.
- 3) Après savoir chauffés l'eau d'échantillon il faut le refroidir immédiatement sous l'eau de robinet.
- 4) Répartir ensuite 5 ml d'échantillon de ce flacon dans 4 tubes différents et stérile.
- 5) Ajouter environ 18-20 ml de gélose VF fondue et refroidir à 45°C.
- 6) Additionner 1ml Alun de fer et 4 gouttes de sulfite de sodium.
- 7) Mélanger doucement le milieu et l'inoculum par mouvement de rotation de poignet pour éviter d'introduire des bulles d'air et de l'oxygène.
- 8) Ajouter une couche de vaseline.
- 9) Laisser durcir sur la paille pendant environ 30 minutes, puis incuber à 37 ° C pendant 24 heures (Labres et al., 2008).

➤ Méthode de Lecture et dénombrement :

Après l'incubation, les tubes Seront considérés comme positives : Toute colonie noire entourée d'un halo noir (indique la présence des spores) (Rodier, 2009).

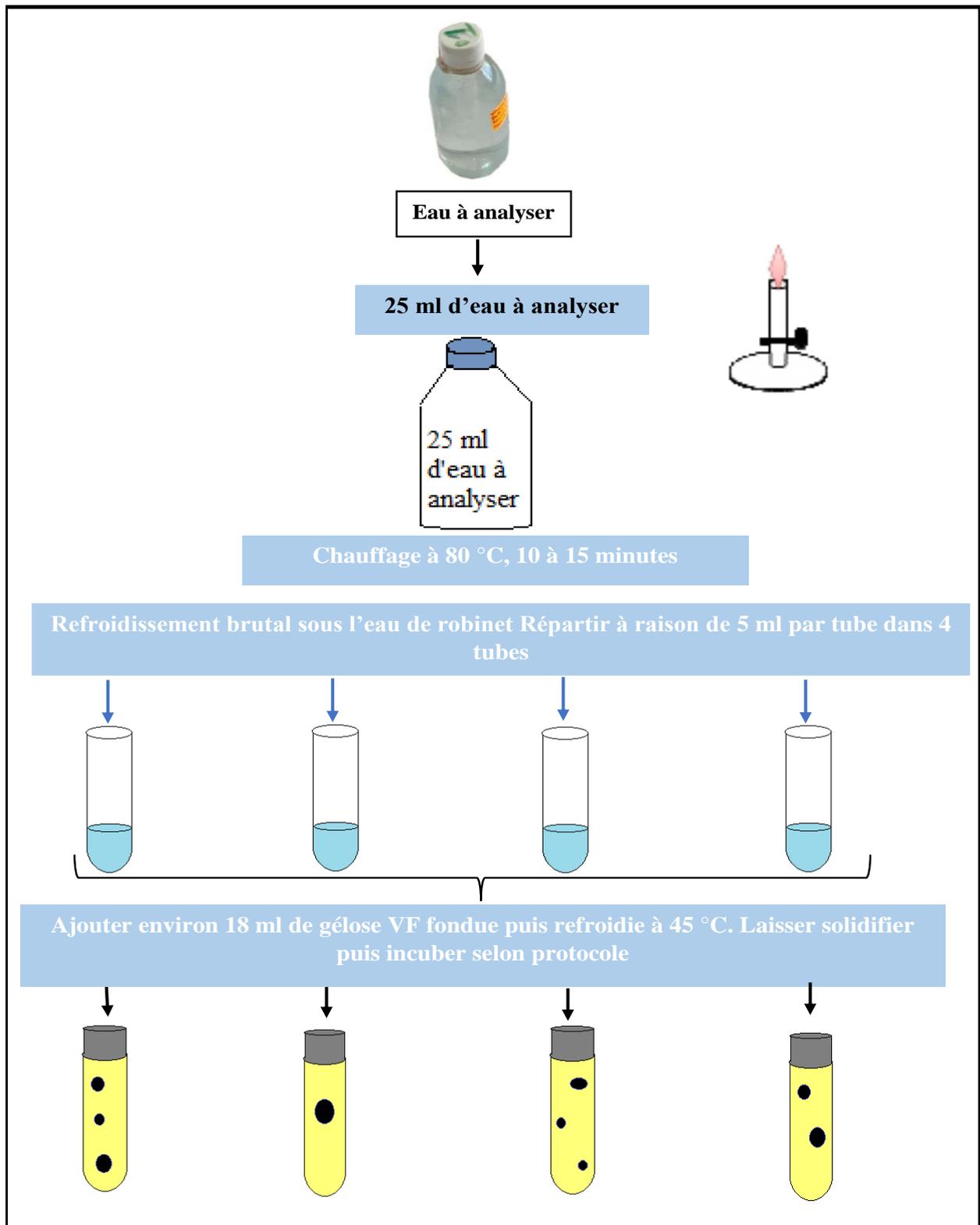


Figure 14 : Schéma du protocole de recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobie sulfito-reductrices (ASF) dans les eaux de puits.

3.3 Germes pathogènes :

3.3.1. Vibrions cholériques :

Vibrio cholerae sont des gamma-protéobactéries à Gram négatif avec un flagelle (polaire), anaérobie facultative et sans spores, colonisant dans les milieux aquatiques marins et les milieux d'eau douce et saumâtre.

Vibrions cholériques existent également dans l'environnement sous forme de cellules libres et ils sont capable de coloniser les êtres vivants de manière commensale (comme les mollusques marins) ou pathogènes (comme l'intestin grêle des humains) (Colwell, 1996).

➤ Mode opératoire :

Après le prélèvement on doit inoculer l'échantillon dans un milieu d'enrichissement le plutôt possible ; il est très impératif de savoir qu'il ne faut pas dépasser le 24 h, dans le cas où ces conditions ne sont pas requises, on procède au transport de l'échantillon dans un milieu approprié (Rodier et al., 2016).

• Enrichissement :

L'enrichissement est basé sur les caractéristiques du *vibrion cholérique* : développement rapide en aérobiose stricte. Il a été réalisé sur le milieu Eau Peptonée Alcaline (EPA) contenu dans des tubes de 20 ml, Où 10 ml d'eau à analyser. Puis incuber les tubes à essai à 37 °C pendant 24 heures. On doit refaire l'opération jusqu'à trois fois (Savary, 2010).

• Isolement :

Prélever à la surface du dernier milieu d'enrichissement, à l'aide d'une anse de platine puis ensemençer, en vue d'isolement, une boîte de gélose GNAB. Incuber ces boîtes de Pétri à 37 °C jusqu'à l'apparition de fines colonies (18-24 heures) (Rodier et al., 2016).

• Identification :

Les colonies de vibrion sont fines, transparentes, plates sur la gélose GNAB. L'identification du vibrion cholérique est basée sur :

- Un examen microscopique entre lame et lamelle pour examiner la morphologie des bactéries.
- Un examen microscopique après coloration de Gram.
- Une recherche microscopique de l'oxydase.
- Une galerie d'identification biochimique (AP 20 NE) (Rodier et al., 2016).

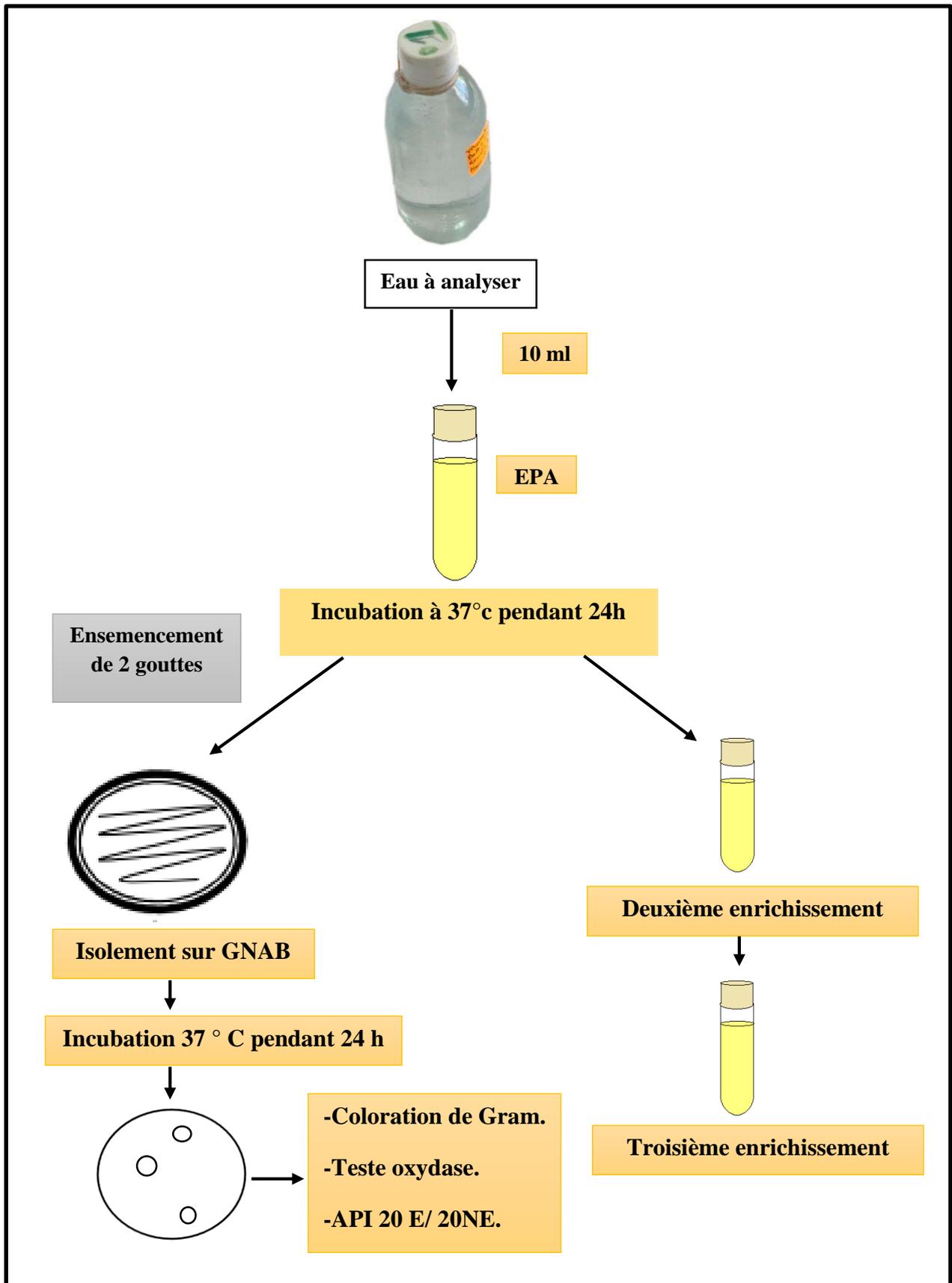


Figure 15 : Schéma du protocole de recherche et d'identification des vibrions cholériques dans les eaux de puits.

3.3.2. Salmonelles :

Bien que la virulence et la pathogénèse des salmonelles soient très différentes, elles sont généralement considérées comme pathogènes : fièvre typhoïde, salmonellose systémique, gastro-entérite, intoxication alimentaire.

Les hôtes naturels de *Salmonella* sont la population, le bétail, la volaille et le bétail, ainsi que les animaux sauvages, y compris les oiseaux communs. Les humains et les animaux peuvent non seulement éliminer *Salmonella* dans les selles lorsqu'ils sont malades, mais ils peuvent également agir comme porteurs asymptomatiques. Par conséquent, *Salmonella* peut exister dans les eaux usées agricoles et domestiques, l'eau douce, y compris l'eau potable, les eaux souterraines et l'eau de mer (**Rodier et al., 2016**).

➤ Mode opératoire :

Il existe de nombreuses méthodes de recherche sur différents types de supports. La recherche sur l'eau devrait généralement inclure des étapes de Pré-enrichissement, de sélection et de confirmation.

Les méthodes de recherche de ces micro-organismes reposent sur deux méthodes : d'une part, ils sont relativement petits dans l'eau et difficiles à survivre dans l'eau ; d'autre part, ils sont généralement accompagnés d'un grand nombre de bactéries d'origine fécale (coliformes, streptocoques) (*pseudomonas, Achromobacter...etc.*), ces bactéries entrent en compétition avec d'éventuelles salmonelles et sont alors inhibées. Ces découvertes ont conduit à l'utilisation de milieux d'enrichissement sélectifs pour inhiber la croissance d'autres bactéries.

L'analyse nécessitant généralement de gros volumes, les opérations de collecte et de préparation des échantillons sont particulièrement importantes : uniquement dans le cas des eaux usées, le volume de la pièce d'essai peut être inférieur à 1 litre et le volume exact dépend de la source de l'effluent. Pour l'eau de surface, la capacité requise doit être de 1 à 5 litres et pour l'eau destinée à l'alimentation, la capacité requise doit être de 5 litres (**Rodier et al., 2016**).

Le traitement des échantillons se déroule en différentes étapes distincts :
Le pré-enrichissement, l'enrichissement, l'isolement et l'identification, ces étapes sont détaillées comme suit :

- **Préenrichissement :**

Ensemencer l'échantillon à analyser dans un milieu liquide non sélectif (SFB), puis incubé à 37° C ; (Rodier et al., 2016).

- **Enrichissement :**

Inoculer le milieu liquide sélectif à partir du bouillon de Pré-enrichissement, puis incubé à 37° C ou 42-43 ° C (Rodier et al., 2016).

- **Isolement :**

À partir du bouillon d'enrichissement, effectuer l'isolement sur le milieu sélectif (Hectoen). On fait la lecture après une incubation à 37 ° C pendant 24 heures, les colonies positives au lactose peuvent généralement être distinguées, et après 36 à 48 heures, toutes les colonies ont généralement leur aspect caractéristique (Rodier et al., 2016).

- **Identification :**

Tout type de colonie d'apparence caractéristique ou suspecte doit être soumis pour confirmation. En effet, l'identification des colonies de *Salmonella* dépend dans une large mesure de l'expérience, et parfois leur apparence varie non seulement en fonction de la souche isolée, mais également en fonction du lot de milieu utilisé.

Donc il faut utiliser des tests biochimiques ou sérologiques pour identifier les colonies suspectes (Rodier et al., 2016).

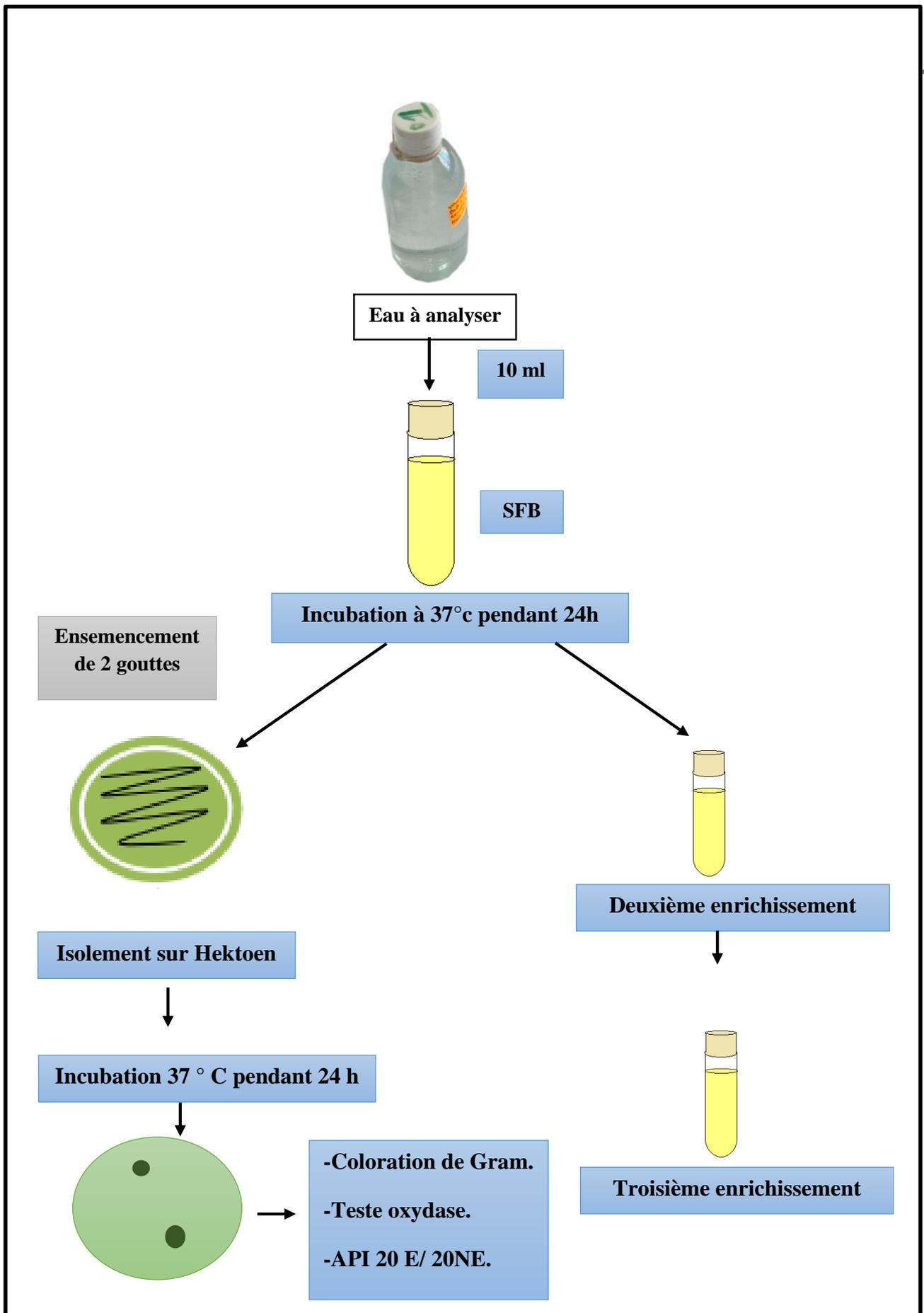
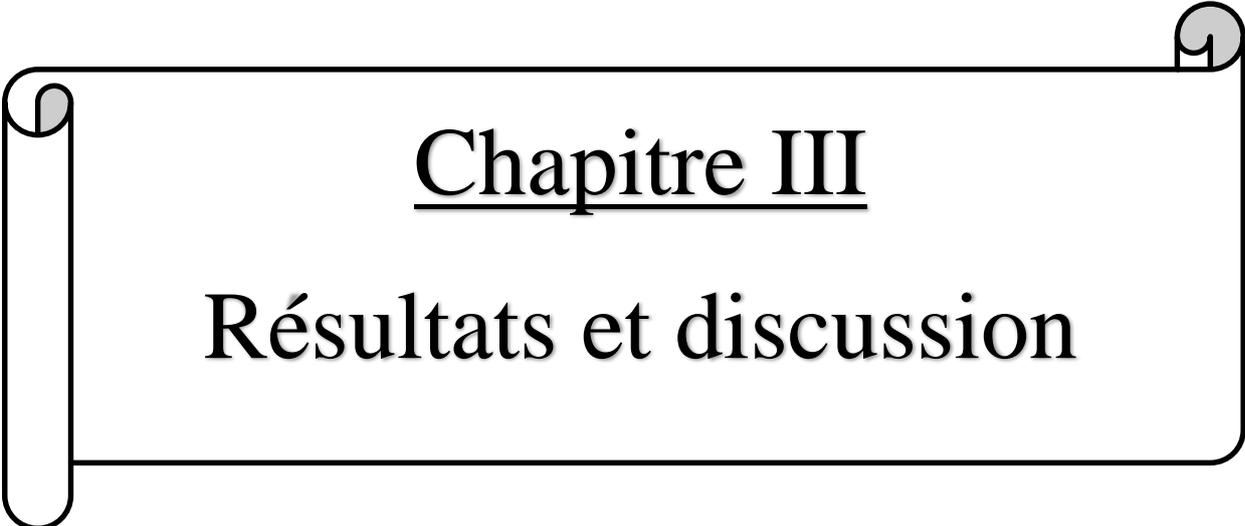


Figure 16 : Protocole de recherche et d'identification des salmonelles dans les eaux de puits.



Chapitre III

Résultats et discussion

1. Résultat du dénombrement des germes révivifiabiles :

Les germes totaux de P1 et P2 sont recherchés à 37°C après 72h. Les résultats du dénombrement sont présentés dans le tableau, le graphique et les photos suivants :

Tableau 04 : Evolution du nombre des micro-organismes révivifiabiles dans P1 et P2.

	Date de prélèvement	Résultats de P1	Résultats de P2
Prélèvement 01 (UFC/ml)	03/04/2021	7×10^5	12×10^5
Prélèvement 02 (UFC/ml)	17/04/2021	3×10^5	10^6



Figure 17 : Evaluations du nombre des germes révivifiabiles dans P1 et P2.

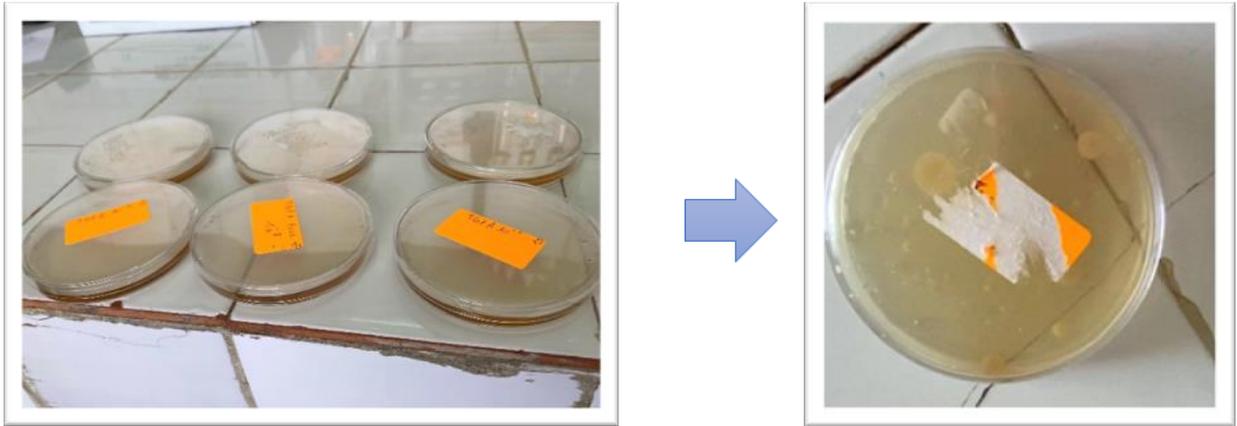


Figure 18 : Photos présentant le résultat de la recherche des germes révivifiâbles après 72h à 37°C.

Pour dénombrer les micro-organismes aérobies révivifiâbles on procède au comptage des colonies après inoculation d'une certaine quantité d'échantillon (1 ml) dans un milieu gélose (Haslay et Leclerc, 1993).

Les résultats obtenus sont enregistrés dans le tableau (01), pour le P1 le nombre total des germes totaux varie de 3×10^5 à 7×10^5 UFC/ml et pour P2 le nombre total des germes totaux varie de 10^6 à 12×10^5 UFC/ml. Ces résultats sont supérieurs à la valeur guide « \ll 10 germes/ ml »

Les germes aérobies révivifiâbles, appelés aussi germes totaux, ils n'ont pas d'effets directs sur la santé, mais dans certaines conditions, elles peuvent causer des problèmes dans le système de dialyse. La faible teneur totale en bactéries prouve l'efficacité du traitement et l'intégrité du système de distribution (pas d'eau stagnante, entretien efficace, etc.). Leur sensibilité extrêmement élevée leur permet d'envoyer des signaux d'alerte avant l'apparition de bactéries sulfito-réductrices et de coliformes.

Leur présence en grand nombre est le signe d'une dégradation de la qualité de l'eau, soit à la ressource, soit dans le réseau [08].

2. Résultat du dénombrement des coliformes totaux et fécaux :

2.1. Coliformes totaux :

Les coliformes totaux sont recherchés à 30°C ou 37°C. Les résultats sont présentés dans le tableau, le graphique et les photos suivants :

Tableau 05 : Evolution du nombre des coliformes totaux dans P1 et P2.

	Date de prélèvement	Résultats P1	Résultats P2
Prélèvement 01 (CT/ml)	03/04/2021	11	75
Prélèvement 02 (CT/ml)	17/04/2021	7	45

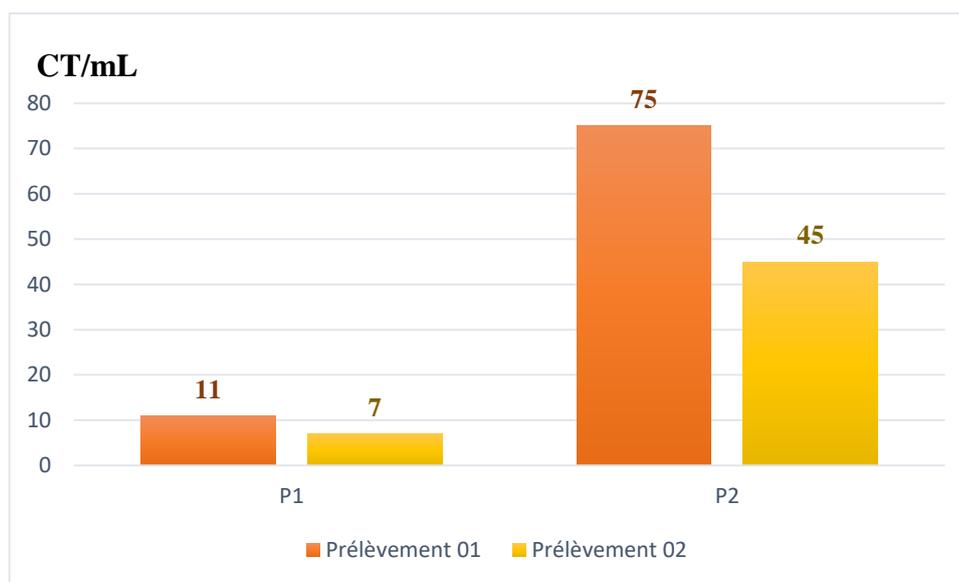


Figure 19 : Evaluations du nombre des coliformes totaux dans P1 et P2

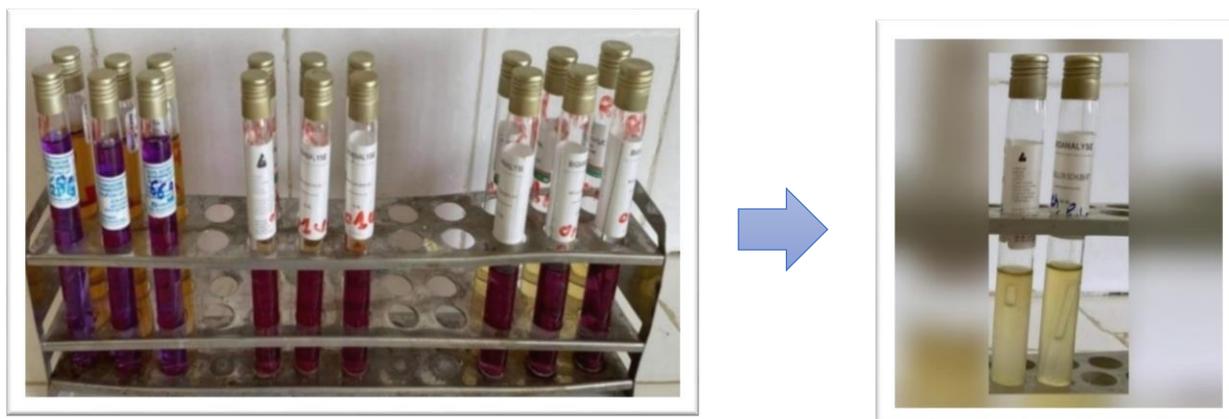


Figure 20 : Photos présentant le résultat de la recherche des coliformes totaux à 37 °C.

La concentration des CT pour le P1 est égale à 11 CT/ml, alors que pour le deuxième échantillon pour le même puits est égale à 7 CT/ml. On note une diminution du nombre des germes après le premier prélèvement. Donc le résultat de premier prélèvement de P1 est supérieur à la valeur guide « <10 germes /100 ml », par contre le deuxième est selon les normes.

Tandis que les concentrations des coliformes totaux au niveau du deuxième puits est égale à 75 CT/ml, par contre le deuxième prélèvement la concentration est diminuée à 45 CT/ml. Cette valeur en Coliformes totaux est supérieure à la valeur guide « <10 germes /100 ml ».

Depuis la fin du XIXe siècle, les coliformes totaux sont utilisés comme indicateur de la qualité microbienne de l'eau, car ils peuvent être indirectement liés à la pollution d'origine fécale (**Layada et Oughidni, 2014**).

L'eau, si elle dépasse les normes réglementaires, ne signifie pas nécessairement qu'elle constitue une menace pour la santé publique ; En effet, la plupart des espèces de ce groupe sont naturellement présentes dans le sol ou la végétation (**Edberg et al., 2000**).

La présence d'un petit nombre des coliformes totaux dans les eaux souterraines non traitées n'a qu'une signification réduite sur le plan sanitaire. Généralement, la présence des coliformes ne signifie pas qu'il n'y a pas de risque de maladie dans l'eau, car certains kystes parasites sont plus résistants à la désinfection que les coliformes. Lorsque les coliformes totaux sont détectés dans l'eau potable, *Enterococcus* et *E. coli* doivent être testés. Certains coliformes sont pathogènes, mais à l'exception d'*Escherichia coli*, la pathogénicité véhiculée par l'eau n'a pas d'impact pratique sur la santé [08].

2.2. Coliformes fécaux :

Les coliformes fécaux sont recherchés pendant 48 heures à 44 ° C par la méthode NPP. Les résultats sont présentés dans le tableau et le graphique et les photos suivants :

Tableau 06 : Evolution du nombre des coliformes fécaux dans P1 et P2.

	Date de prélèvement	Résultats P1	Résultats P2
Prélèvement 01 (CF/ml)	03/04/2021	Absence	Absence
Prélèvement02 (CF/ ml)	17/04/2021	4	Absence

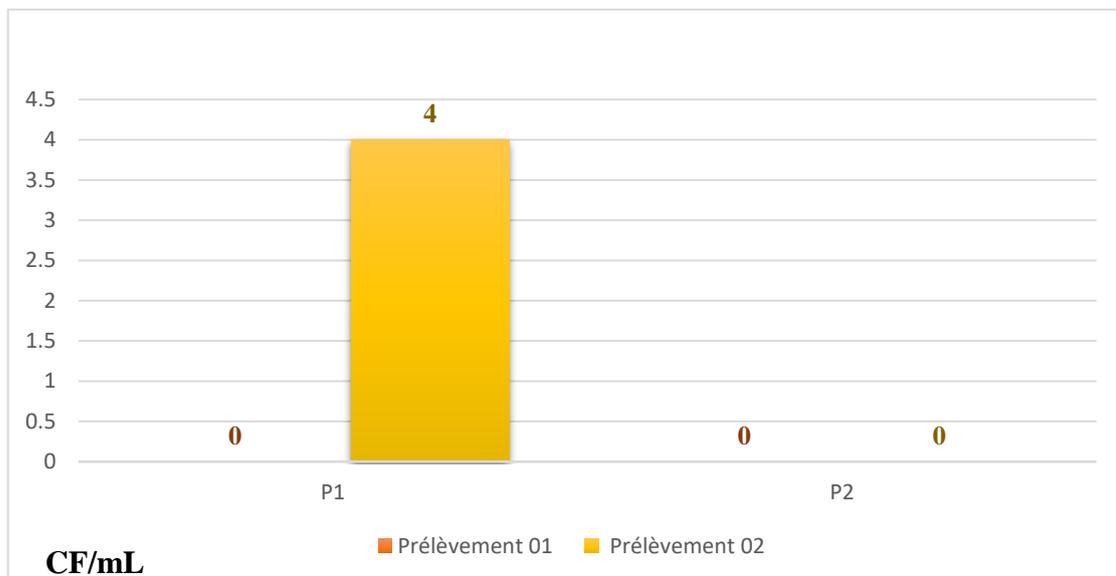


Figure 21 : Evaluations du nombre des coliformes fécaux dans P1 et P2.



Figure 22 : Photos présentant le résultat de la recherche de coliformes fécaux à 37 °C.

La concentration des CF pour le P1 est égale à 0 CF/ml, alors que pour le deuxième échantillon pour le même puits est égale à 4 CF/ml. Tandis que la concentration de CF est nulle au niveau du deuxième échantillon de P2. Donc tous les résultats correspondent aux normes de valeur guide « 0 germes/100 ml » sauf le résultat de deuxième prélèvement de P1 est supérieur.

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermotolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux capables de fermenter le lactose à une température de 44,5 °C. Les espèces les plus apparentées à ce groupe bactérien sont *Escherichia coli* (*E. coli*) et, dans une moindre mesure, certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et certaines espèces de *Klebsiella* (Elmund et al., 1999 ; Edberg et al., 2000 ; Santé Canada, 1991).

Cependant *E. coli* représente toutefois 80 à 90 % des coliformes thermotolérants détectés (Barthe et al., 1998 ; Edberg, 2000). Bien que la présence des coliformes fécaux indique généralement que la source des matières fécales est contaminée, de nombreux coliformes fécaux ne sont pas dérivés des matières fécales, mais proviennent d'eau riche en matière organique, comme les eaux usées industrielles du secteur des pâtes et papiers ou de la transformation des aliments (Barthe et al., 1998 ; OMS, 2000). C'est pourquoi le terme générique « coliformes thermotolérants » plutôt que celui de « coliformes fécaux » (OMS, 1994 ; Robertson, 1995).

L'intérêt de la détection de ces coliformes, à titre d'organismes indicateurs, réside dans le fait que leur taux de survie dans l'environnement généralement est égale à celle des bactéries pathogènes et que leur densité est généralement proportionnelle au degré de pollution produite par les matières fécales (CEAEQ, 2000).

Par ailleurs, puisque les coliformes fécaux ne propagent habituellement pas dans un réseau de distribution, ils peuvent être utilisés pour vérifier son étanchéité, de sorte la contamination

fécale peut être détectée, par exemple en raison d'infiltrations d'eau polluée dans les canalisations (AWWA, 1990). Ils sont aussi de bons indicateurs de l'efficacité du traitement de l'eau, mais comme leur nombre est inférieur au nombre total des coliformes totaux, ces derniers sont plus adaptés pour cette fonction (Robertson, 1995).

3. Résultat du dénombrement des streptocoques fécaux :

Les résultats du dénombrement de ces derniers sont présentés sous forme de tableau, de graphique et des photos, ci-dessous :

Tableau 07 : Evolution du nombre des Streptocoques fécaux dans P1 et P2.

	Date de prélèvement	Résultats de P1	Résultats de P2
Prélèvement 01 (SF/ml)	03/04/2021	95	Absence
Prélèvement 02 (SF/ml)	17/04/2021	15	Absence

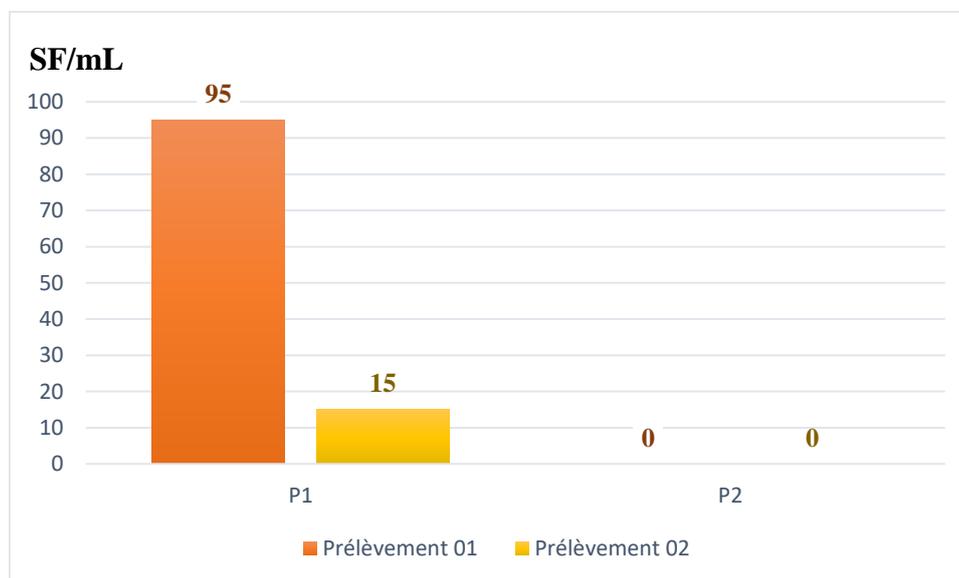


Figure 23 : Evaluation du nombre des streptocoques fécaux dans P1 et P2

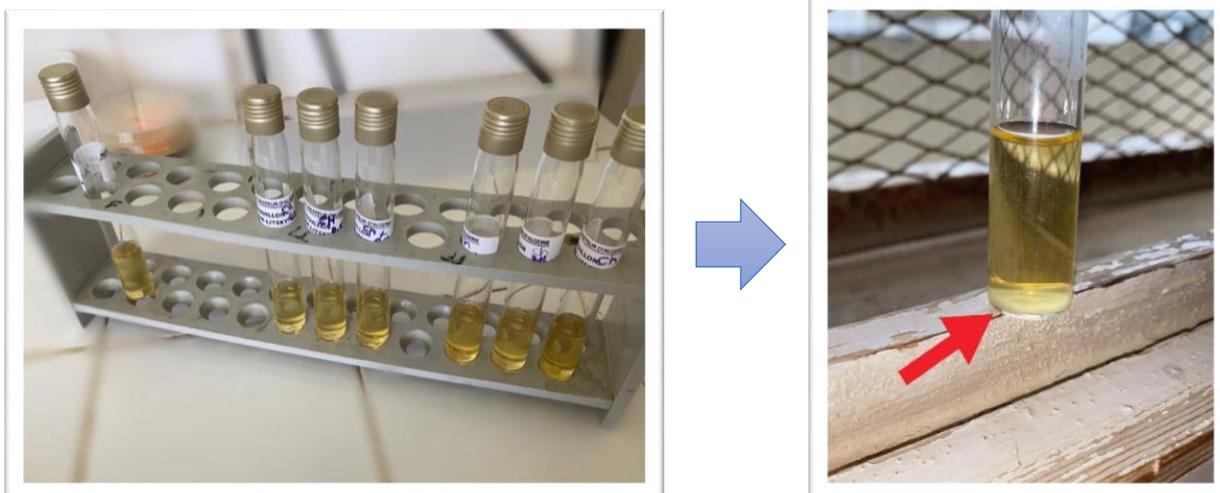


Figure 24 : Photos présentant le résultat de la recherche des streptocoques fécaux.

Le dénombrement des streptocoques fécaux révèle que le P1 a des valeurs marquées variant de 15 à 95 cellule /100ml ; par contre dans le P2 on a enregistré une absence des streptocoques fécaux. Ces valeurs sont supérieures à la valeur guide (0germes/100ml), dans le P1. Tandis que dans le P2 les valeurs sont parfaitement d'accord à la valeur guide.

La présence des Streptocoques fécaux en tant qu'indicateurs d'une contamination fécale dans les eaux (**Engelkirk, 2008**).

Les eaux de puits et de sources attestent la contamination des eaux par les matières fécales. Si les entérocoques sont présents en nombre beaucoup supérieur aux coliformes fécaux, il peut s'agir d'une contamination résiduelle puisque les entérocoques ont une durée de vie plus longue dans l'environnement. Les périodes les plus problématiques pour les puits se manifestent aussi suite à de fortes pluies ou l'eau stagnante sur la parcelle.

Ils appartiennent à la famille des streptocoques, ce sont les hôtes normaux de l'intestin, ils ne sont pas considérés comme pathogènes, mais peuvent provoquer des infections locales. Leur recherche, est liée aux coliformes fécaux (*Escherichia coli*), qui est un bon indicateur de contamination fécale. Par conséquent la présence éventuelle de micro-organismes pathogènes, parmi les entérocoques, on peut citer les streptocoques fécaux dont la recherche vise à évaluer l'efficacité du traitement de désinfection. Leur forte résistance aux désinfectants en fait également des représentants de la contamination virale, car leur résistance est équivalente à celle des virus. Enfin, ils sont plus résistants à l'eau que les bactéries coliformes, ce qui prouve une pollution plus ancienne [09].

4. Résultat du dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices :

Clostridium sulfito-reducteurs sont recherchés après 4 jours d'incubation à 37 °C. Les résultats sont présentés dans le tableau et la photo suivants :

Tableau 08 : Evolution du nombre des *Clostridium* sulfito-réducteurs dans P1 et P2.

	Date de prélèvement	Résultats P1	Résultats P2
Prélèvement 01 (Claus/ml)	03/04/2021	Absence	Absence
Prélèvement 02 (Claus/ml)	17/04/2021	Absence	Absence

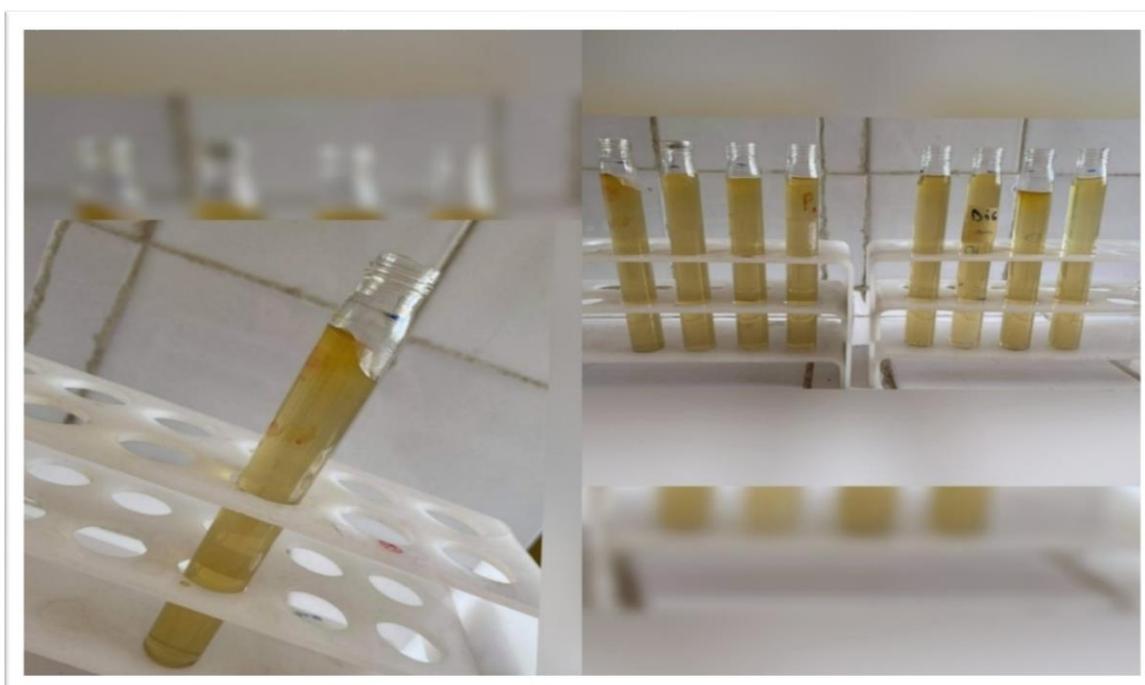


Figure 25 : Photo présentant le résultat de la recherche des germes sulfito-réducteurs (*clostridium*) à 37 °C.

Les germes sulfito-réducteurs dans tous les échantillons prélevés des deux puits sont absents. On a noté l'absence totale des clostridiiums, ces résultats correspondent aux normes de valeur guide « 0 germes/100 ml ». D'après les résultats obtenus, on observe qu'il n'y a pas une contamination ancienne, car la détermination des spores des bactéries anaérobies sulfitrices est un indicateur de pollution ancienne, car la résistance des spores est différente de forme végétative (Tabet, 2015).

Les bactéries sulfito-réductrices comprennent les spores : micro-organismes anaérobies producteurs de spores. Ces bactéries ont la particularité de développer une forme de résistance : les spores. On les trouve dans la matière fécale, le sol et les rivières. Le plus commun est *Clostridium perfringens*, qui n'existe que dans les selles, mais le nombre est bien inférieur à celui d'*E. coli*. Leurs spores leur permettent de résister aux effets des désinfectants (notamment du chlore) et leur permettent de survivre dans l'eau beaucoup plus longtemps que les coliformes. Leur présence ne signifie pas nécessairement que le système de désinfection fonctionne mal.

D'autre part, il montrera des défaillances dans le traitement de filtration et de clarification. L'absence des spores dans le niveau des eaux souterraines ou alluviales peut être un signe de l'efficacité de la filtration naturelle. Il est particulièrement important de prêter attention à ce paramètre des eaux de surface [08].

5. Résultat des germes pathogènes :

5.1. Recherche des vibrions cholériques :

Les résultats des vibrions cholériques sont présentés sous forme de tableau et des photos, ci-dessous :

Tableau 09 : Evolution du nombre des vibrions cholériques dans P1 et P2.

	Date de prélèvement	Résultats de P1	Résultats de P2
Prélèvement 01 (VIB/ml)	03/04/2021	Absence	Absence
Prélèvement 02 (VIB/ml)	17/04/2021	Absence	Absence



Figure 26 : Photo présentant le résultat d'enrichissement des colonies dans EPA



Figure 27 : Photo présentant l'aspect des colonies dans GNAB.

5.2. Recherche des Salmonelles :

Concernant la recherche des germes pathogènes et plus précisément les salmonelles. Les résultats sont présentés dans le tableau et les photos suivants :

Tableau 10 : Evolution du nombre des Salmonelles dans P1 et P2.

	Date de prélèvement	Résultats de P1	Résultats de P2
Prélèvement 01 (sal/ml)	03/04/2021	Absence	Absence
Prélèvement 02 (sal/ml)	17/04/2021	Absence	Absence

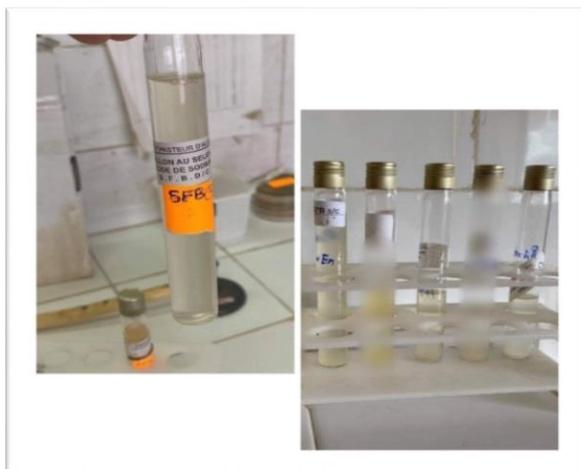


Figure 28 : Photo présentant le Résultat l'aspect d'enrichissement dans SFB



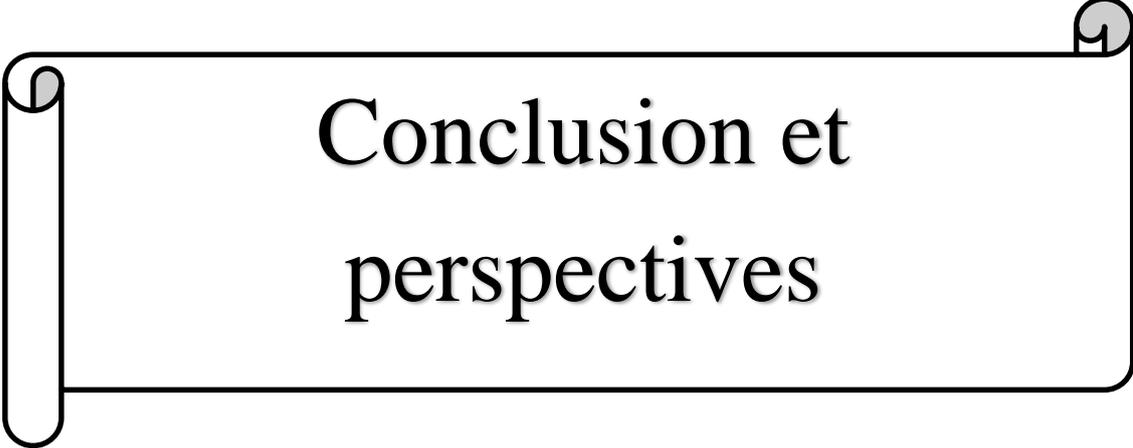
Figure 29 : Photo présentant des colonies sur le milieu Ectoïne.

La recherche des germes pathogènes a révélé l'absence des *Vibrions cholériques* et les salmonelles dans le P1 et P2, ces résultats correspondent aux normes de l'OMS (OMS, 2011).

Les bactéries pathogènes telles que les vibrions et les salmonelles sont généralement transmises à l'homme par l'ingestion d'eau contaminée qui provoquent de diverses maladies (Elmund et al., 1999). Par conséquent, la consommation d'eau de puits qui a révélé ces bactéries constitue un facteur de risque pour la santé de la population (Momba et al., 2006 ; Degbey et al., 2011). Tous les risques pour la santé associés à l'eau potable contenant *Salmonella* et *Vibrio non-O1 / non-O139* prouvent que la prévalence de la diarrhée et des maladies gastro-intestinales est élevée dans la zone d'étude (utilisant des puits à des fins domestiques) (Hounsounou et al., 2016).

En effet, *Salmonella* plus précisément les deux espèces *Salmonella enterica* et *Salmonella bongori* sont responsables des salmonelloses. Il s'agit entre autres de la fièvre typhoïde et des fièvres paratyphoïdes aussi des salmonelloses non typhoïdiques. Ils provoquent le plus souvent une gastro-entérite (Aubry, 2013).

Par rapport aux risques sanitaires liés au *vibrio non-O1/non-O139*, ils sont moins toxiques que les virus qui causent le choléra, mais restent pathogènes. Leur pathogénicité est à l'origine d'infection sporadique de gastro-entérites, des diarrhées et des abcès ou septicémies chez l'homme (Fournier et Quilici, 2002 ; Dutta, 2013). Ces infections peuvent être gravissimes (Fournier et Quilici, 2002).



Conclusion et
perspectives

Conclusion et perspectives

L'eau est essentielle à la vie, mais elle peut être aussi une source des maladies, c'est pourquoi des soins particuliers sont nécessaires. En effet, l'eau utilisée pour la consommation humaine ne doit pas contenir des polluants chimiques ou des micro-organismes nocifs pour la santé humaine.

Cette étude nous a permis de conclure que l'objectif principal de ce travail est d'effectuer une évaluation de la contamination des eaux de puits et les risques qu'ils causent pour l'homme.

La recherche des bactéries par des méthodes spécifiques a montré la contamination des deux puits. Ces deux puits sont principalement contaminés par les germes révivifiants alors que les coliformes fécaux se trouvent seulement dans le premier puits au niveau du deuxième prélèvement, aussi le premier puits contient les streptocoques fécaux, alors qu'une absence totale des coliformes fécaux et streptocoques fécaux dans le deuxième puits, aussi ces deux puits ne contiennent pas les anaérobies sulfite-réductrices et même les germes pathogènes (les vibrions, les salmonelles).

Le danger de contamination bactérienne constitue sans aucun doute une menace pour les résidents qui puisent l'eau dont ils ont besoin dans ces ouvrages.

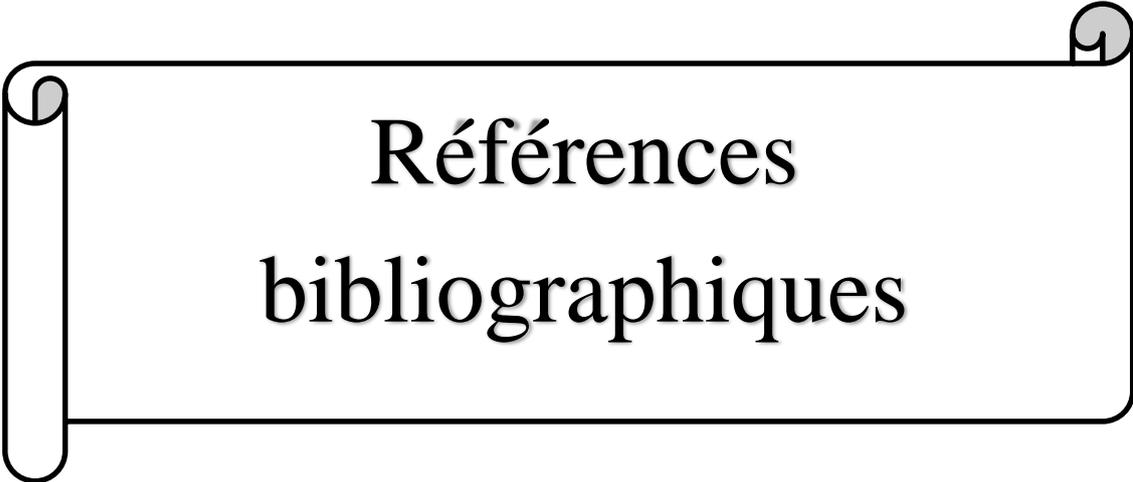
Les résultats obtenus dans cette recherche seront d'un grand intérêt pour les services de santé qui nécessitent des mesures préventives et thérapeutiques pour éviter d'éventuels risques graves pour la santé.

En outre, ils permettront aux décideurs de formuler des politiques et des programmes d'information, d'éducation, de communication et de sensibilisation (IECS) conçus pour rationaliser, protéger et développer nos ressources en eau, tout en s'alignant sur les recommandations de développement durable.

Enfin et afin d'éviter tout risque pour la santé lors de la consommation de cette eau et pour mieux maîtriser cette pollution, il est judicieux de prendre les mesures suivantes :

- Effectuer régulièrement un suivi quantitatif et qualitatif des eaux souterraines.
- Il est interdit de construire des niveaux d'eau dans les zones à fort taux d'extraction.
- Utiliser un équipement pour boucher tous les points d'eau abandonnés.
- Sensibiliser les habitants et les encourager à traiter l'eau avant de l'utiliser, et leur assurer qu'en fournissant suffisamment d'eau potable et en améliorant l'assainissement, toutes les maladies d'origine hydrique peuvent être réduites.

- Gérer correctement l'utilisation des ordures ménagères et des engrais agricoles.
- Mettre en place un réseau d'égouts pour évacuer les eaux usées.



Références
bibliographiques

Références bibliographiques

- **Alouane, H. (2012).** Evaluation des teneurs en nitrates dans les sols et dans les eaux captées et émergentes en zones à vocation agricole, 49.
- **Anses. (2015).** AVIS de l'Anses relatif à l'évaluation des risques sanitaires liés à la présence du baryum dans les eaux destinées à la consommation humaine - Actualisation de l'avis de l'agence française de sécurité sanitaire des aliments du 20 septembre 2007, 03.
- **Aroua, A. (1997).** L'homme et son milieu. Ed 531/77, 135.
- **Aubry, P. (2013).** Les Salmonelloses. Médecine Tropicale, 06.
- **AWWA. (1990).** Water quality and treatment. American Water Works Association, quatrième édition, 1194.
- **Barthe, C., J. Perron, J., & Perron, J. M .R. (1998).** Guide d'interprétation des paramètres microbiologiques d'intérêt dans le domaine de l'eau potable. Document de travail (version préliminaire), ministère de l'Environnement du Québec, 155.
- **Benblida, M. (2011).** L'efficacité d'utilisation de l'eau et approche économique, centre d'activités régionales PNUE/PAM, 24.
- **Bengarnia, B. (2016).** Contribution à l'étude et l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de consommation de la région d'Oued Es-Soura, cas de Béni-Abbès, Ougarta et Zeghamra, 133.
- **Benmaïd, A. (2013).** La sécurité liée à l'eau : gestion des risques et arbitrages.
- **Bessaklia, H., G.A. (2012).** Qualité physico-chimique et bactériologique des eaux des puits en milieu rural en Algérie : cas de la région de Hammem N'Bails (Guelma).
- **Boeglin, J.C. (2009).** Propriétés des eaux naturelles. Ed. Techniques Ingénieur, 110.

- **Bosca, C. (2002).** Groundwater law and administration of sustainable development. *Medit Mag, Science, Training & Technology*,13-17.
- **Bouchard, M. (2010).** Exposition au manganèse dans l'eau potable et comportements hyperactifs chez des enfants d'âge scolaire. *Bulletin d'information en santé environnementale*.
- **Boussinesq, M. (1997).** L'onchocercose humaine en Afrique. *Méd Trop*, 57, 389-400.
- **Bouziani, M. (2000).** La pénurie aux maladies; édition Ibn-khaldoun, 247.
- **Briere, G. (2000).** Distribution et collecte des eaux, deuxième édition .École Polytechnique de Montréal, 299-300.
- **Canada. Santé Canada. (2013).** Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : Document technique - Le nitrate et le nitrite. In Santé Canada. Santé de l'environnement et du milieu de travail.
- **Caroline, B., Francoise, G ., Guy, L., & Evelyne, V ., Bourdais. (2001).** microbiologie et qualité dans les industries agroalimentaire,Troisième édition.
- **Canada.Santé Canada. (1987).** Le manganèse. In Santé Canada. Qualité de l'eau – Rapports et publications.
- **Cardot, C., & Gilles, A. (2013).** Analyse des eaux: réglementation, analyses volumétriques et spectrophotométriques, statistiques: cours et exercices corrigés. Ellipses, 325.
- **Champiant, D., & Larpent,J.P. (1988).** Biologie des eaux : méthodes et techniques. Edition Masson, 347.

- **Chekroud, H. (2007).** Etude de la pollution des eaux de la plaine Telezza due aux activités agricoles et commerciales, 56.
- **Christiane, J., jean-noel, J. (1999).** Microbiologie alimentaire, Cinquième édition.
- **CEAEQ. (2000).** Recherche et dénombrement des coliformes fécaux ; méthode par filtration sur membrane :Centre d'expertise en analyse environnementale. Gouvernement du Québec, 24.
- **Colwell, R. R. (1970).** Polyphasic taxonomy of the genus *Vibrio*: numerical taxonomy of *Vibrio cholerae*, *Vibrio parahaemolyticus*, and related *Vibrio* species. *Journal of bacteriology*, 104(1),410-433.
- **Commission sur la santé et la sécurité au travail (CSST) (s. d.e).** Fiche complète pour manganèse. In Commission sur la santé et les services sociaux. Répertoire toxicologique.
- **Copin,S., Robert-pillot, A ., & Gay, M., Quilici, M . L. (2015).** *Vibrio* impliqués en pathologie humaine: une étude de leur répartition dans des produits de la mer consommés. *Santé animale-alimentation*, 21.
- **Djabri, L. (1996).** Mécanismes de la pollution et vulnérabilité des eaux de la Seybouse, origine géologiques, industrielles, agricoles et urbaines, 176.
- **DEBABZA, M. (2005).** Analyse microbiologique des eaux des plages de la ville de Annaba (Doctoral dissertation, Annaba).
- **Degbey , C., Makoutodé , M ., & Agueh ,V., Dramaix , M., de Brouwer, C. (2011).** Facteurs associés à la qualité de l'eau de puits et prévalence des maladies hydriques dans la commune d'Abomey-Calavi (Bénin). *Cahiers d'études et de recherches francophones/Santé*, 21(1), 47-55.
- **Direction de santé publique de l'Estrie. (2014).** Votre puits contient-il de l'arsenic? In CIUSSS de l'Estrie –CHUS. Eau potable.

- **de la Santé, O. M. (1986).** Directives de qualité pour l'eau de boisson: critères d'hygiène et documentation à l'appui. In Directives de qualité pour l'eau de boisson: critères d'hygiène et documentation à l'appui (pp. x-341).
- **Dutta, D., Chowdhury, G., Pazhani, G. P., Guin, S., Dutta, S., Ghosh, S., ...& Ramamurthy, T. (2013).** Vibrio cholerae non-O1, non-O139 serogroups and cholera-like diarrhea, Kolkata, India. *Emerging infectious diseases*, 19(3), 464.
- **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(S1), 106S-116S.
- **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 Environment Research*, 71(3), 332-339.
- **Engelkirk, P.G. (2008).** Laboratory diagnosis of infectious diseases: essentials of diagnostic microbiology. Lippincott Williams & Wilkins.
- **Fournier, J.M., & Quilici, M.L. (2002).** Infections à Vibrions non cholériques. *Encycl. Méd. Chir.(ed.), Maladies infectieuses*, 8, 026.
- **France. (2005).** Ministère de la santé et de la solidarité : qualité de l'eau potable en France : Aspects sanitaires et réglementaires, Dossier d'information.- Paris : Direction générale de la santé, 43.
- **Faurie, C., & al. (2003).** *Ecologie : Approche scientifique et pratique*, Cinquième Edition, Lavoisier doc et tec, 312.
- **Jean-Claude, B. (1983).** *Contrôle des eaux douces et de consommations*, édition Ed Techniques ingénieur, 28.
- **John, P., & Donald, A. (2010).** *Microbiologie*, troisième Édition, 1216.

- **Journal Officiel de la République Algérienne (JORA). (2011).** Décret exécutif n° 11-125, qualité de l'eau de consommation humaine, Imprimerie Officielle, Les Vergers: Bir-Mourad Raïs, Alger,Algérie, 25.
- **Hordé, P. (2014).** Gastro-entérite aiguë : Symptômes et traitement, santé médecine, 19 .
- **Hartemann, P. (2004).** Contamination des eaux en milieu professionnel. EMC-Toxicologie-Pathologie, 1(2), 63-78.
- **Haslay, C., & Leclerc, H. (1993).** Microbiologie des eaux d'alimentation.
- **Hervio-Heath, D., Colwell, R. R., Derrien, A., Robert-Pillot, A., Fournier, J. M., & Pommeppy, M. (2002).** Occurrence of pathogenic vibrios in coastal areas of France. Journal of applied microbiology, 92(6), 1123-1135.
- **Hounsounou, E.O., Agassounon, Djikpo. M., Vlaponou-Zannou, M., & Vissin, E.W., Kelomè, N.C., Mensah, G.A., & Agbossou, E. (2016).** Pollution fécale des eaux de puits à usages domestiques et risques sanitaires dans le sixième arrondissement de Cotonou au Sud-Bénin. Actes de Colloque en hommage au Professeur Michel Boko,UAC, Bénin, 242-252.
- **Hounsounou, E. O., Ayi-Fanou, L., Ayéna, A. C., & Mama, D. (2018).** Contamination Des Eaux De Puits Par Les Salmonelles Et Les Vibrions non-O1/non-O139 Dans Les Quartiers Précaires Du Sixième Arrondissement De Cotonou (Sud-Bénin).
- **INSPQ. (2002).** Entérocoques et streptocoques fécaux. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine, Institut national de santé publique du Québec.
- **INSPQ. (2003).** Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine - Nitrates et Nitrites. In INSPQ. Santé environnementale et toxicologie. Eau potable.
- **INSPQ. (2006).** Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine .

- **INSPQ. (2014).** Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Groupe scientifique sur l'eau ,17.
- **Gaujour, D. (1995).** La pollution des milieux aquatiques : Aide-mémoire. Deuxième édition, 49.
- **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.
- **GRET. (1994).** Eau et santé dans les quartiers urbains défavorisés, Programme solidarité eau, 33.
- **Grosclaude, J. (2011).** Réalisation et gestion des forages équipés d'une pompe à motricité humaine en Afrique subsaharienne, Agence Française de Développement, 88.
- **GUIRAUD,J., & Galzy, P. (1980).** L'analyse microbiologique dans les industries alimentaires. Edition l'usine ,119.
- **Guiraud, J. P. (1998).** Microbiologie alimentaire, édition Dunod (France).
- **Guiraud, J.P. (2003).** Microbiologie alimentaire, édition Dunod, Tec et Doc Lavoisier, Paris.
- **Kirkpatrick, k., & Fleming, E. (2008).** La qualité de l'eau, ROSS TECH 07/47, 12.
- **Labres, E. (2006).** Manuel des travaux pratiques : analyse des eaux, institut pasteur d'Algérie.
- **Layada, S., & Oughidni, F. (2014).** Evaluation physico-chimique et bactériologique de rejet Boumahra Ahmed (Guelma) et purification par les Nanoparticules (TiO₂ et CAP) ,76.

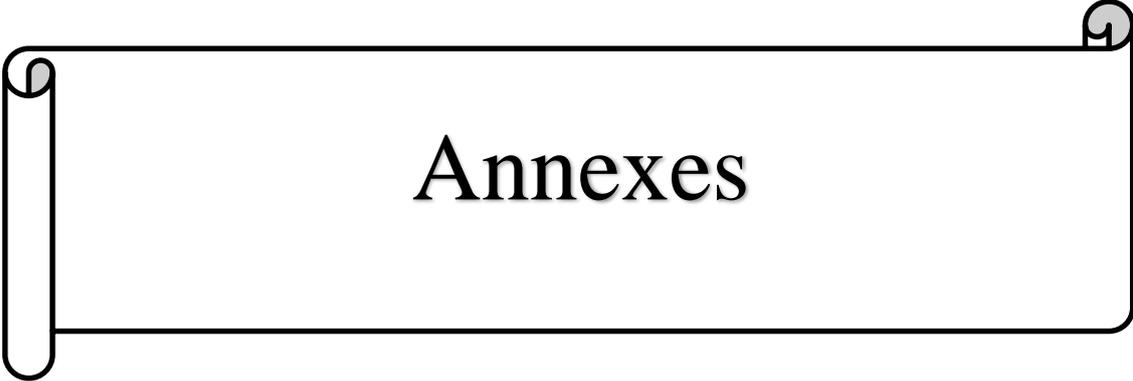
- **Labres, Mouffok, F. (2008).** Les cours national d'hygiènes et de microbiologies des eaux de boisson. Manuel des travaux pratiques des eaux. Institut Pasteur d'Algérie. Algérie, 53.
- **Leclerc, H., Gaillard, J. L., & Simonet, M. (1995).** Microbiologie générale : la bactérie et le monde bactérien. Doin.
- **Le Guyader, A. (1999).** Recommandations pour les contrôles d'environnement dans les établissements de santé. C. CLIN-Ouest.
- **Les enjeux de santé liés à la qualité de l'eau de boisson dans les pays en développement Jean Delmont. (2016).** Atelier d'information sur la qualité de l'eau dans les projets de développement des services d'eau potable.
- **Maiga, A. (2005).** Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'EDM.SA dans la ville de Bamako : évaluation saisonnière, Bamako (Mali), 77.
- **Masschelein, W. (1996).** Processus unitaire du traitement de l'eau potable (No. BOOK). Cebedoc, 181-345 .
- **Mohamed, B. A. R. (2014).** Evaluation de la pollution des eaux issue de la zone industrielle de Skikda..
- **Myrand, D. (2008).** Guide technique : captage d'eau souterraine pour des résidences isolées, Québec, 04.
- **Mouffouk, F. (2001).** Guide technique d'analyses bactériologiques des eaux de mer. Nouvelles des éditions Boubée, paris, Institut pasteur d'Alger ,40 .
- **Merzoug, D., Khiari, A., Boughrous, A. A., & Boutin, C. (2010).** Faune aquatique et qualité de l'eau des puits et sources de la région d'Oum-El-Bouaghi (Nord-Est algérien). Hydroécologie appliquée, 17, 77-97.

- **Momba, M. N., Malakate, V. K., & Theron, J. (2006).** Abundance of pathogenic *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium* and *Vibrio cholerae* in Nkonkobe drinking water sources. *Journal of water and health*, 4(3), 289-296.
- **NDAW.M.F. (2000).** Etude de cas, réforme du secteur de l'hydraulique urbaine au Sénégal : pièce maîtresse vers la réalisation des objectifs du millénaire pour le développement. Dakar: Ministère de l'hydraulique, 30.
- **N'diaye. (2002).** Etude bactériologique des eaux de boissons vendues en sachet dans quatre communes d'Abidjan, 180.
- **OMS. (1990).** Procédés de Stérilisation, 14.
- **OMS. (1994).** Directives de qualité pour l'eau de boisson ; volume 1 – recommandations. Organisation mondiale de la Santé, 2e édition, 202.
- **OMS. (2000).** Directives de qualité pour l'eau de boisson ; volume 2 – critères d'hygiène et documentation à l'appui. Organisation mondiale de la Santé, 2eme édition, 1050.
- **OMS. (2005).** Célébration de la décennie internationale d'action : L'eau source de vie 2005-2015, *Journal mondial de l'eau 2005*, Guide de sensibilisation, Genève, Suisse, 34.
- **OMS. (2011).** Guide Lines for Drinkin-Water de l'Organisation Mondiale de la Santé, 541.
- **Piarroux, R. (2002).** Le choléra: épidémiologie et transmission. Expérience tirée de plusieurs interventions humanitaires réalisées en Aafrique, dans l'Océan Indien et en Amérique Centrale: Le choléra. *Bulletin de la Société de pathologie exotique*, 95(5), 345-350.
- **Piere, A. (2006).** Guide de prélèvements :contrôle sanitaire des eaux , 22.
- **B,kara.O .(2008)** . Commercialisation des produits et matériels pour l'analyse et le traitement de l'eau-de l'air-du sol , CCS el Taref , 74 .

- **Québec. MDDELCC (s. d.e).** Répertoire des terrains contaminés - extraction de données faite le 5 octobre 2015. In MDDELCC. Terrains contaminés.
- **Rejsek,F. (2002).** Analyse des eaux : aspects règlementaires Et techniques, Paris, Edition Sceran, 360.
- **Robertson, W. (1995).** Utilités et limites des indicateurs microbiologiques de la qualité de l'eau potable. Air intérieur et Eau potable, sous la direction de Pierre Lajoie et Patrick Levallois, Presses de l'Université Laval, 179-193.
- **Rodier, J., Bazin, C., Chanbon, P., Broutin,J.P., Champsaur, H., & Rodi, L . (1996).** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer : chimie, physico-chimie, bactériologie, biologie(p. 1365). Paris : dunod.
- **Rodier, J. (2009).** L'analyse de l'eau naturelles résiduaires, eau de mer, huitième édition Paris : dunod , 1383.
- **Rodier, J., Legube ,B., Merlet, N., Alary ,C ., & Belles, A. (2016).** L'analyse de l'eau Contrôle et interprétation .dixième édition. Paris : dunod, 1297.
- **Santé Canada. (1991).** La qualité bactériologique. Document de support aux « recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada ».
- **Savary, P. (2010).** Guide des analyses de la qualité de l'eau, Edition Territorial. Bresson, 353.
- **Tabet, M. (2015).** Etude physico-chimique et microbiologique des eaux usées et évaluation du traitement d'épuration (Doctoral dissertation).103.
- **World Health Organization. (2008).** Guidelines for drinking-water quality, third edition incorporating the first and second addenda, Recommendations, Geneva, 26.

Webographie

- [01] CNRTL : <https://cnrtl.fr/definition/puits> (Page consultée le 02 mai 2021).
- [02] LAROUSSE : <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/puits/65026> (Page consultée le 02 mai 2021).
- [03] DREAMSTIME: <https://thumbs.dreamstime.com/b/art%C3%A9sien-puits-d-eau-en-affiche-coupe-et-sch%C3%A9matique-%C3%A9ducation-eaux-souterraines-sable-gravier-terre-grasse-argile-sol-125470933.jpg>(Page consultée le 04 mars 2021).
- [04] FORAPULSE: <https://www.google.com/amp/s/www.forapulse.com/guide-types-de-puits-et-de-forages/amp/> (Page consultée le 04 mai 2021).
- [05] SAFEWATER: <https://www.safewater.org/french-fact-sheets/2017/2/18/pesticides-pollution-eau> (Page consultée le 09 mai 2021).
- [06] PIXINO : https://www.google.com/search?q=bactéries+salmonelles&client=ms-android-samsung-gj-rev1&source=android-browser&nfpr=1&prmd=inv&sxsrf=ALeKk012cl0paQTzXOcHPfnNoAgcGBba1w:1624322270645&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwia3sT_6nxAhXi8uAKHV5dAQwQ_AUoAXoECAIQAQ&biw=384&bih=686#imgrc=ZlgrcUXoZwFsEM (Page consultée le 15 mai 2021).
- [07] WIKIPEDIA: https://www.google.com/search?q=vibrions&client=ms-android-samsung-gj-rev1&source=android-browser&prmd=ivn&sxsrf=ALeKk009EwxQSGPjE6hQtUB-P-124K7xQ:1624322357634&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiihIKpgKrxAhXjAGMBHTF2BhcQ_AUoAXoECAIQAQ&biw=384&bih=686#imgrc=-oGv02zc4bnZNM&imgdii=ajJTFMiYzjCWjM (Page consultée le 20 mai 2021).
- [08] Free: http://siaep.faye.free.fr/qualite_de_leau/normes_de_leau/normes_de_leau.html. (Page consultée le 1^{er} juin 2021).
- [09] INSPQ : <https://mobile.inspq.qc.ca/eau-potable/coliformes-fecaux> (Page consultée le 2eme juin 2021).
- [10] MAPS : <https://maps.app.goo.gl/p4W1bbTccQ1UVWUH6> (Page consultée le 30 mai 2021).



Annexes

Annexes

➤ Verrerie et équipements

- Tubes à essai.
- Portoir pour tubes à essai.
- Flacons.
- Boîtes de Pétri stériles.
- Plaques stériles pour les échantillons.
- Incubateur.
- Bain marie.
- Pipettes pasteur.
- Pipettes graduées.
- Bec Bunsen.
- Anse de platine.

➤ Milieux de culture :

Composition des milieux de culture bactériologique :

❖ Bouillon lactose au bromocrésol (B.C.P.L.)

✓ Double concentration :

- Extrait de viande de bœuf6g
 - Peptone.....10g
 - Lactose 10g
 - Pourpre de bromocrésol..... 0.6g
 - Eau distillé.....1000 ml
- pH : 6,7 Autoclavage : 20mn à 120°C

✓ Simple concentration :

- Extrait de viande de bœuf.....3 g
 - Peptone...5 g
 - Lactose.....5 g
 - Pourpre de bromocrésol.....0,3g
 - Eau distillée.....1000ml
- pH : 6,7 Autoclavage : 20mn à 120°C

NB: Les milieux pour colimétrie (BCPL, milieu indole-mannitol) reçoivent des cloches de Durham lors de la répartition.

❖ Milieu indole - mannitol (SCHUBERT)

- Tryptophane.....0,2 g
- Acide glutamique.....0,2 g
- Sulfate de magnésium.....0,7 g
- Sulfate d'ammonium.....0,4 g
- Citrate de sodium.....0, 5 g
- Chlorure de sodium.....2 g
- Tryptone oxoid.....10 g
- Mannitol.....7,5g
- Eau distillée.....500 ml
- Tampon phosphate.....500ml
pH 7,6 Autoclavage : 115°C pendant 10 mn.

❖ **Bouillon glucosé à l'acide de sodium (milieu de ROTHE)**

✓ **Double concentration :**

- Tryptone.....40 g
- Glucose.....10g
- Chlorure de sodium.....10 g
- Phosphate bipotassique.....5, 4 g
- Phosphate mono potassique.....5,4 g
- Azide de sodium.....0,4 g
- Eau distillée.....1000 ml
pH : 6,8-7 Autoclavage : 15 mn à 121°C

✓ **Simple concentration :**

- Tryptone.....20 g
- Glucose.....5 g
- Chlorure de sodium.....5 g
- Phosphate bipotassique.....2, 7 g
- Phosphate mono potassique.....2,7 g
- Azide de sodium.....0,2 g
- Eau distillée.....1000 ml
pH : 6,8-7 Autoclavage : 15 mn à 121°C

❖ **Bouillon Sélénite Cystine (SFB) :**

- Tryptone.....5g
- Lactose.....4g
- Sélénite acide de sodium.....4g
- Phosphate disodique.....10g
- L-cystine.....0,01g
- Eau distillée.....1000 ml

pH final à 25°C : 7,0 ± 0,2

NB : NE PAS SURCHAUFFER - NE PAS AUTOCLAVER.

❖ **Gélose Tryptone -glucose -extrait de levure (TGEA)**

- Tryptone.....5 g
- Glucose.....1 g
- Extrait de levure.....25 g
- Gélose.....15 g
- Eau distillée.....1000 ml

pH final à 25°C : 7,0 ± 0,2 ;Autoclavage 20 mn à 121°C

❖ **Gélose viande - foie (VF)**

- Base Viande – foie.....20 g
- Glucose.....0,75 g
- Amidon.....0,75 g
- Sodium Sulfite.....2 g
- Fer citevet ammonical.....0,5 g
- Sodium carbonate.....0,67 g
- Agar – agar.....11 g
- Eau distillée.....1000 ml

pH final à 25°C : 7,6 ± 0,2 ;Autoclavage 15 min à 120°C

❖ **L'eau peptonée saine alcaline**✓ **Composition (en grammes par litre d'eau distillée)**

- Peptone exempte d'indole.....20g/l
- Chlorure de sodium.....20g/l

pH final à 25°C : 8,5 ± 0,2

❖ **Milieu EVA LITSKY**

- Peptone.....20,0 g
 - Glucose.....5,0 g
 - Azide.....0,2 g
 - Éthyle-violet.....0,5 g
 - NaCl.....5,0 g
 - Hydrogénophosphate de potassium.....2,7 g
 - Dihydrogénophosphate de potassium ..2,7 g
- pH final à 25°C : 7,0 ± 0,2

❖ **Milieu d'Ectoïne (engramme par litre d'eau distillé)**

- Protéase peptone.....12g/l
 - Extrait de levure.....3g/l
 - Saccharose.....12g/l
 - Lactose.....2g/l
 - Solicine.....2g/l
 - Chlorure de sodium.....5g/l
 - Thio sulfate de sodium.....5g/l
 - Citrate ferrique ammoniacal.....5g/l
 - Sels biliaires.....9g/l
 - Bleu de bromothymol.....0,064g/l
 - Fuchsine acide.....0,04 g/l
- pH final 7,0

❖ **Agar G.N.A.B :**

- Peptone de viande.....10 g/l
 - Extrait de viande.....3 g/l
 - Chlorure de sodium.....5 g/l
 - Bile de bœuf desséchée.....2 g/l
 - Agar.....18 g/l
- pH final 8,6 ± 0,2

➤ **Réactifs :**

- Alun de fer.
- API20E
- Kovacs.
- Sulfite de sodium.

Tableau 11 : Table de Mac Grady (Mouffouk, 2001) .

Nombre de tubes donnant un résultat positif	Nombre de tubes donnant un résultat positif		Indice NPP
	3 tubes de 1 ml	3 tubes de 0,1 ml	
0	0	1	3
0	1	0	3
1	0	0	4
1	0	1	7
1	1	0	7
1	1	1	11
1	2	0	11
2	0	0	9
2	0	1	14
2	1	0	15
2	1	1	20
2	2	0	21
2	2	1	28
3	0	0	29
3	0	1	39
3	0	2	64
3	1	0	43
3	1	1	75
3	1	2	120
3	2	0	93
3	2	1	190
3	2	2	210
3	3	0	240
3	3	1	460
3	3	2	1100
3	3	3	1400

Tableau 12 : Résultats de l'analyse bactériologique des eaux de puits du premier prélèvement.

Les puits Germes	Puits 1	Puits 2
Germes totaux	70000 UFC/ml	1200000 UFC/ml
Coliformes totaux	11 CT/ml	75 CT/ml
Coliformes fécaux	Absence	Absence
Streptocoque fécaux	95 SF/ml	Absence
Les anaérobies sulfito-réductrices	Absence	Absence
Les salmonelles	Absence	Absence
Les vibrions	Absence	Absence

Tableau 13 : Résultats de l'analyse bactériologique des eaux de puits du deuxième prélèvement.

Les puits Germes	Puits 1	Puits 2
Germes totaux	30000 UFC/ml	1000000 UFC/ml
Coliformes totaux	7 CT/ml	45 CT/ml
Coliformes fécaux	45 CF/ml	Absence
Streptocoque fécaux	15 SF/ml	Absence
Les anaérobies sulfito-réductrices	Absence	Absence
Les salmonelles	Absence	Absence
Les vibrions	Absence	Absence

