

Université des Frères Mentouri Constantine 1
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة 1
كلية علوم الطبيعة و الحياة

Département : Biologie et Ecologie Végétale **قسم :** بيولوجيا و علم البيئة النباتية

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Ecologie Fondamentale et Appliquée

Intitulé :

Evaluation par des indicateurs biologiques de la qualité de l'eau potable de la chaine « production-distribution » du forage INFRAFER commune Hamma Bouziane (Constantine).

Présenté et soutenu par : *BENFERDI Manel et BENSADALLAH Loubna*

Le : 09/07/2020

Jury d'évaluation :

Président du jury :	BAZRI Kamel Eddine	MCA	UFM-Constantine 1
Rapporteur :	ZAIMECHE Saida	MCB	UFM-Constantine 1
Examineurs :	SAHLI Leila	MCA	UFM-Constantine 1

*Année universitaire
2019 - 2020*

Remerciements

Nous remercions en premier lieu **ALLAH** le tout puissant pour toute la volonté, le courage et la chance qu'il nous a donné pour l'achèvement de ce mémoire.

Nous tenons à remercier notre encadrant **Mme, Zaïmeche Saida**, Maître-assistante «A» à l'université des Frère Mentouri, qui a dirigé ce travail, ça nous sera jamais suffisant pour lui exprimer notre grande reconnaissance pour la confiance qu'elle nous a accepté pour faire avancer ce travail, pour son savoir de biologiste, sa patience et sa gentillesse.

A **Bouda Leila** chef de service au département Qualité s désirons lui adresser un remerciement tout particulier pour nous avoir accordé l'accès au Laboratoire de SEACO Ain Smara. Pour sans Co-encadrement, pour ses précieux commentaires et ses conseils pertinents qui nous ont grandement aidés tout au long des différentes étapes menant à l'élaboration de ce mémoire.

A notre président de jury, **Mr BAZRI Kamel Eddine** Maître de conférences «A» à l'université des Frère Mentouri, qui nous a fait le grand honneur de présider ce mémoire. Qu'il trouve ici le témoignage de notre profond respect et de notre sincère reconnaissance.

Nous adressons également notre reconnaissance à **Mme, SAHLI Leila**, Maître de conférences « A » à l'université des Frère Mentouri, pour l'intérêt qu'elle a accordé à ce travail en acceptant de l'examiner et de le juger, pour sa gentillesse et ses conseils en tant que notre aimable enseignante durant ces trois dernières années.

Remerciements

Ces quelques lignes permettront de remercier les responsables et les personnes qui ont contribué de près et de loin à la réalisation de ce travail tant au niveau scientifique qu'au niveau personnel, et sans leur savoir et leur aide, ce travail n'aurait pas pu aboutir à sa fin.

Nous tenons aussi à remercier l'ensemble du personnel du Laboratoire SEACO Ain Smara : **Mme Khellafi Asma, Mme Hammouda Lilia et Mme Amair Rebiha**, de nous avoir accueillis parmi eux, d'être si patients avec nous et de nous avoir tellement aidés à réaliser nos expérimentations pendant toute la période du stage. Nous n'oublierons jamais leur soutien scientifique ainsi que morale et l'ambiance exceptionnelle.

Nous ne saurons finir sans remercier tous les enseignants du département de Biologie de l'université de l'Université des Frères Mentouri Constantine, qui ont contribué à notre formation qu'ils trouvent ici notre respect et notre amour.

Notre reconnaissance va aussi à tous les habitants qui nous ont autorisées à utiliser leurs réseaux de distribution pour effectuer les prélèvements d'eau. Enfin, j'exprime également tous le bonheur du monde à nos collègues de promotion du Master écologie fondamentale et appliquée.

Dédicace

Je tiens à dédier ce modeste travail à :

*Ma mère **FATIHA GACHI** et Mon père **NOUREDDIN** qui m'ont toujours soutenu et cru en moi, et qui m'ont donné la force, le courage, la patience et l'optimisme continue. Je suis éternellement reconnaissante pour leurs sacrifices, leurs conseils, leur présence et leur tendresse. Que dieu vous accorde santé et longue vie.*

*Mes sœurs : **AMINA et RANIA** qui m'ont toujours encouragé pour tenir jusqu'au bout.*

*Mes petits frères : **NOAFEL, ABDALGHAFOUR et RAWEN***

Mes grands-parents pour leurs douaa et tout ce qu'ils ont fait pour moi.

Les familles BENZAADALLAH et GACHI

*Mes oncles et mes tantes. (Spécialement **SOUHAILA, ZINA, MERIEM, LINDA**)*

Mes amies, tout particulièrement :

BOUDEMEGH IMEN, RAZIOUK RAYEN, MACHENAOUY YAMINA, ALIOUA HALIMA

*Et bien sur mon binôme **BENFERDIE MANEL** ... merci pour vos conseils*

Et vos encouragements, mais aussi pour les bons moments qui ont

Contribué à rendre ces années inoubliables.

LOUBNA

Je dédie ce travail :

*A mes très chers parents: **Benferdi Mohamed et Bahari Chahrazed** Autant de phrases aussi expressives soient-elles ne sauraient montrer le degré d'amour et d'affection que j'éprouve pour vous. Vous m'avez comblé avec votre tendresse et affection tout au long de mon parcours. Vous n'avez cessé de me soutenir et de m'encourager durant toutes les années de mes études, vous étiez toujours présents à mes côtés pour me consoler quand il fallait. Vos conseils ont toujours guidé mes pas vers la réussite. Votre patience sans fin, votre compréhension et votre encouragement sont pour moi le soutien indispensable que vous avez toujours su m'apporter. 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 donner santé, bonheur et longue vie afin que je puisse vous combler à mon tour.*

*A mes 2ème parents **Soraya et Mohamed Cherif** : Les mots me manquent pour vous qualifier, Je ne saurais jamais vous remercier assez, tout ce que j'aurais à dire ne saurait exprimer à fond tous les sacrifices que vous avez fait pour moi, vous étiez mon soutien moral, la source de ma joie et mon bonheur quotidien. Que dieu te procure bonne santé et longue vie.*

*A mes cher frères **Ramy, Mohsen et Abd el Rahim**, ma chère sœur **Ines**: pour leurs appui et leurs encouragements, d'avoir été présent à mes coté dans les moments les plus difficile. Merci d'avoir été la source de mon sourire, puisse Dieu le tout puissant exhausser tous vos vœux.*

*A ma très chère grand-mère **Baya** : Que ce modeste travail, soit l'expression des vœux que vous n'avez cessé de formuler dans vos prières. Que Dieu vous préserve santé et longue vie.*

*A mes très chères cousines: **Mamina, Amel et Hanane** et mon cousin **Mehdi** votre encouragement et votre soutien étaient la bouffée d'oxygène qui me ressourçait dans les moments pénibles. Merci d'être toujours à mes côtés, par votre amour dévoué et votre tendresse, je prie dieu le tout puissant pour qu'il vous donne bonheur et prospérité.*

*A mes meilleures amies **Oumeima, Yesmine et Reem** et mon ami **Charaf**: merci d'avoir été le rayon de soleil dans les journées les plus ténébreuses.*

*A mon cher ami **Abbes** : ton aide et ton soutien en ce moment si particulier de ma vie est un véritable cadeau. Mon cœur t'en est profondément reconnaissant.*

A ma grande famille : Mes tantes, mes oncles ainsi que mes cousins et cousines.

*A mon binôme **Bensaadallah Loubna** et à tous ceux qui me sont chers et que j'ai omis de citer. Cette humble dédicace ne saurait exprimer mon grand respect et ma profonde estime.*

Manel

Résumé

L'eau est une ressource naturelle précieuse et essentielle pour de multiples usages. Son utilisation à des fins alimentaires ou d'hygiène, nécessite une excellente qualité bactériologique et physico-chimique.

Pour apprécier la qualité des eaux du forage Infra-Fer, destinées à la consommation humaine dans la cité Base de vie et la cité Gare située à la commune Hamma Bouziane au Nord-Ouest de Constantine ; un contrôle de la qualité bactériologique a été effectué sur plusieurs échantillons d'eau prélevés au niveau du forage, des deux réservoirs Gare et Base de vie et dix points du réseau de distribution appartenant à cette localité.

Les résultats des analyses bactériologiques ont révélé que les eaux brutes du forage Infra-Fer sont de mauvaise qualité bactériologique et un nombre inacceptable par la norme de germes au niveau du réservoir et le réseau de distribution où il a été enregistré des taux de Chlore nuls.

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, les pollutions accidentelles avoisinantes.

Cette contamination constitue sans doute un danger non négligeable à la santé des populations consommatrices de ces eaux ; c'est pour cela il est impératif de procéder à un traitement de Chloration en permanence afin d'assurer un taux de Chlore résiduel conforme tout au long de la chaîne du forage INFRAFER, de la Station de pompage aux réservoirs de distribution et sur tous les points des réseaux d'A.E.P desservis.

Pour éviter d'éventuels risques sanitaires La SEACO adopte des mesures d'hygiène pour le transport et le stockage de l'eau, le contrôle périodique du processus de Chloration. Veiller à la sauvegarde du périmètre de protection de la ressource : Il y a lieu de protéger de toute construction la plaine du Hamma et même d'interdire toutes les cultures nécessitant l'utilisation d'engrais afin d'éviter les risques de pollution de la nappe superficielle.

Mots clés : Qualité bactériologique, Forage, Réservoir, Réseau de distribution, Eau souterraine, hamma bouziene

Abstract

Water is a precious and essential natural resource for multiple uses. Its use for food or hygiene purposes requires excellent bacteriological and physico-chemical quality.

To assess the quality of the water from the Infra-Fer drilling, intended for human consumption in the Base de vie city and the Gare city located in the Hamma Bouziane commune north-west of Constantine; a bacteriological quality control was carried out on several water samples taken from the borehole, from the two tanks Station and Base de vie and ten points of the distribution network belonging to this locality.

The results of the bacteriological analyzes revealed that the Raw water from the Infra-Fer drilling is of poor bacteriological quality and an unacceptable number by the standard of germs at the reservoir and the distribution network where zero chlorine levels have been recorded.

The contamination of groundwater can be due to the poor protection of these resources, the infiltration of runoff water, ignorance of basic hygiene rules, neighboring accidental pollutions.

This contamination undoubtedly constitutes a non-negligible danger to the health of the populations consuming these waters; this is why it is imperative to carry out a permanent chlorination treatment in order to ensure a consistent level of residual chlorine throughout the INFRAFER drilling chain, from the pumping station to the distribution tanks and on all points of the DWS networks served.

To avoid possible health risks SEACO adopts hygiene measures for the transport and storage of water, the periodic control of the chlorination process. Ensure that the protection perimeter of the resource is safeguarded: Everything must be protected. construction of the Hamma plain and even to ban all crops requiring the use of fertilizers in order to avoid the risks of pollution of the surface water table.

Keywords: Bacteriological quality, Drilling, Reservoir, Distribution network, Groundwater, Hamma Bouziane.

ملخص

الماء هو المصدر الطبيعي الأساسي لمختلف الاستعمالات اليومية ، كالتغذية و النظافة ،، الخ ، هذه الاستعمالات تتطلب نوعية كيميوية - فزيائية و بكتيريولوجية جيدة

من أجل تحديد نوعية المياه المستخرجة من حفر عين فرفر الموجهة للاستهلاك البشري لحي قاعدة الحياة و حي المحطة ، المتواجدان في بلدية حامة بوزيان ، التي تقع في شمال شرق قسنطينة ؛قمنا بمعاينة النوعية البكتيريولوجية لمياه هذا الحفر عن طريق أخذ عدة عينات من الماء الحفر ، خزان قاعدة الحياة ، خزان المحطة ، و قنوات التوزيع الموجودة في هذه المنطقة .

نتائج التحليل البكتيريولوجي أكدت أن مياه حفر عين فرفر ذات نوعية بكتيريولوجي سيئة و تحتوي العديد من الجراثيم المسببة للأمراض والتي تنتقل على مستوى سلسلة التوزيع و وصولا إلى حنفية المستهلكين في هذه المنطقة .
تلوث المياه الجوفية يعود الى الحماية السيئة لهذه الموارد ، تسلل الجريان السطحي ، ضعف تقنيات النظافة و النقل و التخزين .

هذا التلوث يتسبب في خطر غير محمود على الصحة العامة لمستهلكي هذه المياه ، من أجل هذا يجب ضمان المعالجة عن طريق الكلور ، والذي يضمن القضاء على الجراثيم على طول مستوى سلسلة التوزيع ، من الحفر وصولا الى حنفية المواطنين .

من أجل تفادي المخاطر الصحية ، تقوم مصلحة المياه و التطهير لولاية قسنطينة ، بقياس معايير النظافة من أجل التخزين و النقل ، و المعايير الدورية لكميات الكلور .

الكلمات المفتاحية : النوعية البكتيريولوجية ، حفرة خزان ، سلسلة التوزيع ، حامة بوزيان .

Liste des abréviations

SEACO : Société de l'eau et de l'assainissement de Constantine

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

EB : Eau de boisson.

ONU : organisation des nations unis

JORA : journal officiel de la république algérienne

NA : Normes Algériennes

MTH : Maladie à transmission hydrique.

UFC : Unité Formant Colonie.

VHA : Virus de l'hépatite A.

VHE : Virus de l'hépatite E.

CT : Coliformes totaux.

EC : Escherichia Coli.

SF : Streptocoques fécaux.

ASR : Anaérobies Sulfito Reducteurs.

Glu : Glucose.

SM : Solution Mère.

VF : Viande Foie.

Mg/L : Milligramme par litre.

AEP : Alimentation en Eau Potable.

ERU : Eau Résiduelle Urbaine.

SP : Station de Pompage.

TC : Temps de Contact.

EPE : Entreprise Publique de L'eau.

BEA : Bile Esculine et Azoture de sodium.

Table des matières

Remerciement	
Résumé	
Abstract	
ملخص	
Liste des abréviations	i
Liste des figures	ii
Liste des tableaux.....	iii
Introduction	1

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

Les ressources en eau

I.1 Définition.....	3
I. 2 Structure de la molécule de l'eau.....	3
I. 3 Etats physiques de l'eau.....	3
I. 4 Cycle de l'eau.....	4
I 5 Les types d'eau dans la nature.....	5
I. 5.1 Eaux de surface (superficielle).....	5
I.5.2 Eaux souterraines.....	6
I. 5.2.1 Caractéristiques.....	6
I. 5.2.2 Types d'Eaux Souterraines.....	7
I.6 L'usage de l'eau.....	8
I. 7 Eau Brute.....	9
I. 7.1 Eau potable.....	9
I. 7.1.1 Composition de l'eau potable.....	9
I. 7.2 Traitement de potabilisation.....	10
I.7.2.1 La chloration.....	10
I.7.2.2 Les systèmes de chloration.....	10
I.7.2.3 L'intérêt de chloration.....	11
Pollution biologique de l'eau	
I. 2.1 Différents aspects de la Qualité de l'eau.....	12
I .2.1.1 Qualité organoleptique.....	12
I .2.1.2 Qualité bactériologique.....	12
I.2.1.3 Flore pathogène.....	12
I. 2.2 Norme de la qualité de l'eau.....	16
I. 2.2.1 Normes Algériennes.....	15

I.2.2.2 Normes selon l’OMS.....	16
I.2.2.3 Normes relatives aux paramètres microbiologiques.....	16
I.2.3 Pollution de l’eau souterraine.....	16
I.2.3.1 Pollution de l’eau en aval de la source.....	17
I.2.3.2 Transferts des polluants dans les eaux souterraines.....	17
I.2.4 Les polluants biologiques.....	18
I.2.4.1 Pollution bactérienne.....	18
I.2.4.2 Les causes de la pollution bactérienne.....	18

Maladies biologiques liées à l’eau

I.3.1 Maladies à transmission hydrique.....	19
I.3.2 Mode de contamination de l’eau de boisson.....	20
I.3.3 Voies de transmissions des agents infectieux.....	20
I.3.4 Principaux facteurs des MTH en Algérie.....	21
I.3.5 Gestion des risques hydriques.....	21
I.3.6 Evaluation des risques hydriques d’origine microbiologique.....	21
I.3.7 Programme national de lutte contre les M T H.....	21

Chapitre II : Matériel et méthodes

II.1. Présentation de l’établissement d’accueil (SEACO).....	24
II.1.1 Création de la SEACO.....	24
II.1.2 Missions principales.....	24
II.1.3 Lieu et durée du stage.....	24
II.2 Caractéristiques de la zone d’étude.....	26
II.2.1 Contexte géographique et géologique de la zone d’étude.....	26
II.2.2 Situation des champs captant de Hamma Bouziane.....	27
II.2.3 Cadre climatologique du Hamma Bouziane.....	28
II.3 Stage au laboratoire SEACO.....	28
II.4 Travail sur terrain.....	29
II.4.1 Forage INFRAFER.....	29
II.4.2 Station de Pompage (S.P) Base de vie.....	29
II.4.3 Réservoir Base de vie.....	29
II.4.4 Réservoir Gare.....	30
II.4.5 Cité Base de vie.....	30
II.5 Echantillonnage.....	31
II.5.1 Choix des sites de prélèvement pour l’étude bactériologique.....	31
II.5.2 Calendrier de prélèvement.....	32
II.5.3 Techniques de prélèvement Bactériologique.....	32
II.5.4 Mesure du taux de chlore sur terrain.....	34
II.5.5 Transport et conservation des échantillons.....	34
II.6 Dosage au laboratoire.....	35
II.6.1 Analyse Bactériologique.....	35

II.6.1.1 Analyse complète.....	35
II.6.1.2 Analyse partielle.....	42

Chapitre III : Discussion et Résultats

III.1 Résultats du sondage des consommateurs sur la qualité de l'eau de robinet.....	43
III.2 Teneurs en Chlore Résiduel.....	43
III.3 Résultats d'analyse bactériologique.....	46
III.3.1 Coliformes totaux.....	48
III.3.2 Coliforme fécaux (C.F.).....	50
III.3.3 Streptocoque Fécaux (SF).....	53
III.3.4 Clostridium sulfito-réducteurs	55

Conclusion et Perspectives

Références bibliographiques

Annexes

Liste des figures

Figure1 : Structure d'une molécule d'eau.....	3
Figure2 : Changements de l'état physique de l'eau.....	4
Figure3 : Cycle de l'eau.....	4
Figure4 : Écoulement de l'eau souterraine.....	6
Figure5 : Image satellitaire de chef-lieu du siège de la SEACO Ain Smara.....	25
Figure 6 : Situation géographique du Hamma Bouziane.....	26
Figure 7 : coupe géologique du Hamma Bouziane.....	27
Figure 8 : situation des champs captant de Hammam Zaoui et Ain Skhoun.....	28
Figure 9 : photo de station de pompage Base de vie.....	29
Figure 10 : Photo de réservoir Base de vie.....	30
Figure 11 : Photo de réservoir Gare.....	30
Figure 12 : Schéma synoptique de la chaine de production et distribution de l'eau du forage INFRAFER.....	31
Figure 13 : Photo de prélèvement d'échantillon bactériologique au niveau de forage INFRAFER.....	33
Figure 14 : Photo de prélèvement d'échantillon bactériologique au niveau de réservoir Base de vie.....	33
Figure 15 : Photo de prélèvement d'échantillon bactériologique au niveau de réseau de distribution.....	34
Figure 16 :Photo de Comparateur de chlore sur terrain.....	34
Figure 17 : Photo de mode opératoire des coliformes et les coliformes fécaux.....	37
Figure 18 : Photo de mode opératoire des streptocoques fécaux.....	40
Figure 19 : photo de mode opératoire de Clostridium sulfito-réducteurs.....	41
Figure 20 : Variation du taux de Chlore libre au niveau des réservoirs de distribution par rapport aux normes.....	45
Figure 21 : Variation du taux de Chlore libre au niveau de réseau de distribution de la cité Base de vie.....	45

Figure 22 : Comparaison du nombre de coliformes totaux (n germes /100ml) dans le forage INFRAFER avec la norme algérienne d'eau souterraine.....	48
Figure 23 : Comparaison avec les normes algériennes du nombre de coliformes totaux dans le réservoir Base de Vie et Gare.....	49
Figure 24 : Variation du nombre de coliformes totaux dans les points de réseau de distribution.....	50
Figure 25 : Comparaison du nombre de coliformes fécaux en n <i>E.coli</i> /100ml dans le forage INFRA FER avec la norme algérienne d'eau souterraine.....	51
Figure 26 : Variation du nombre de coliformes fécaux dans le réservoir Base de vie.....	52
Figure 27 : Comparaison de la variation du nombre de coliformes fécaux dans les points de réseau de distribution.....	53
Figure 28 : Comparaison du nombre de Streptocoques fécaux en n S.F/100ml dans le forage INFRAFER avec la norme algérienne d'eau souterraine.....	54
Figure 29 : Variation du nombre de Streptocoques fécaux dans les réservoirs de distribution par rapport à la norme algérienne.....	54

Liste des tableaux

Tableau 1: Calendrier de prélèvement.....	32
Tableau 2 : Mode opératoire des coliformes et les coliformes fécaux.....	37
Tableau 3 : Mode opératoire des streptocoques fécaux.....	39
Tableau 4 : Mode opératoire des Clostridium sulfito-réducteurs.....	40-41
Tableau 5 : Variation des teneurs en chlore par rapport aux normes.....	44
Tableau 6 : Résultats de différentes analyses bactériologiques effectuées.....	47

Introduction

L'eau est un élément essentiel de la vie biologique. Non seulement, elle est un nutriment vital, mais elle est aussi impliquée dans de nombreuses fonctions physiologiques essentielles telles que la digestion, l'absorption, la thermorégulation et l'élimination des déchets. Sans cette matière simple et complexe en même temps, la vie sur terre n'aurait jamais existé donc c'est un élément noble qu'on doit protéger pour les générations futures (Kirkpatrick et Fleming, 2008).

Les ressources en eau proviennent principalement des eaux de surface et des eaux souterraines renouvelables et non renouvelables. En Algérie, les eaux de surface sont les principales sources pour notre approvisionnement en eau potable, mais de plus en plus l'individu se tourne vers les nappes phréatiques qui renferment un volume énorme d'eau exploitable (Chekroud, 2007).

Dans notre pays, les eaux souterraines constituent une part importante du patrimoine hydraulique et sont traditionnellement les ressources privilégiées en eau potable du fait de leur exploitation relativement facile. En plus elles sont à l'abri des polluants que les eaux de surface. Si cette eau est contaminée son traitement peut s'avérer long et coûteux, voire impossible dans certains cas (Myrand, 2008).

C'est pourquoi il est impérieux de la protéger adéquatement afin de minimiser les risques de contamination qui la menacent (Ladjel, 2009). La surveillance de la conformité de l'état des sources, des installations hydrauliques, des réseaux de distribution.

La qualité de l'eau est une activité obligatoire de prévention, elle est d'un intérêt capital et stratégique pour la préservation de l'état de santé et le bien-être des populations (Julien, 2007).

On entend par « maladies liées à l'eau » celles contractées par ingestion, par contact direct ou encore les maladies pour lesquelles l'eau est le milieu de vie d'hôtes de larves ou de parasites ». Ce sont principalement les MTH, causées par les aliments contaminés par l'eau ou par les mains sales : ce sont les maladies du péril fécal.

Quatre grands groupes de maladies sont liées à la disponibilité et à la qualité de l'eau, ainsi qu'à la gestion efficace des ressources hydriques : les maladies en rapport avec une carence aigue ou chronique en eau propre, les maladies liées à la contamination de l'eau par des toxiques et les maladies à transmission dite vectorielle (Ladjel, 2009).

Les maladies liées à l'eau sont une véritable tragédie pour l'humanité, tuant plus de 5 millions de personnes chaque année. Environ 2.3 milliards de personnes souffrent de maladies dues à une mauvaise qualité de l'eau. 60% des maladies infantiles dans le monde sont à l'origine de maladies infectieuses ou parasitaires liées à l'eau (Ladjel, 2009). Donc, la bonne qualité microbiologique de l'eau est un facteur déterminant pour la prévention des maladies d'origine hydrique et la protection de santé publique.

L'analyse bactériologique est donc une action obligatoire de l'expertise sanitaire, car elle permet de mettre en évidence la pollution fécale de l'eau. Elle permet également de contrôler l'efficacité du traitement (World Health Organization, 2008).

La chloration est utilisée pour le traitement de l'eau des réseaux publics d'eau potable. Le chlore par son pouvoir bactéricide élimine toute pollution d'origine fécale et par son effet rémanent, assure la qualité de l'eau au cours de son transport jusqu'au robinet du consommateur (Cahier de chloration, 1996).

Le procédé consiste à induire un produit chloré dans l'eau afin de détruire les bactéries, les germes vivants et les matières organiques. Le caractère rémanent de l'effet de chlore permettra d'assurer cette sécurité microbiologique jusqu'au robinet du consommateur (Cahier de chloration, 1996).

Dans cet objectif, notre étude a été effectuée pour évaluer la qualité bactériologique des eaux de forage utilisées comme eau de boisson au niveau d'une partie de la commune de Hamma Bouziane (Wilaya de Constantine).

Pour cela ce manuscrit traite trois chapitres :

- Le premier chapitre est consacré à la synthèse bibliographique et ses différentes parties :

Un rappelle sur les ressources en eaux, les caractéristiques bactériologiques et les diverses pollutions qui l'affectent, et les maladies biologiques liées à l'eau.

- Le second chapitre de ce thème : Matériel et méthodes est essentiellement consacré à la présentation de la zone d'étude et les analyses et dosages effectués sur les échantillons d'eau prélevés.
- Le troisième chapitre sera consacré à la discussion des résultats obtenus et leur valorisation avec les normes en vigueur.
- Ce travail sera finalisé avec une conclusion et recommandations.

Chapitre 1

Synthèse bibliographique

1.1. Définition

L'eau est une substance incolore, inodore qui couvre trois quart de la surface terrestre et qui joue un rôle primordial pour tout ce qui a trait à la vie.

1.2. Structure de la molécule de l'eau

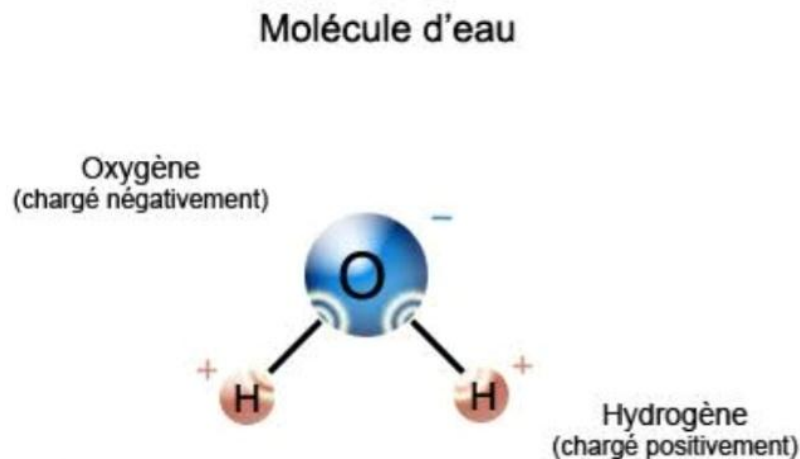


Figure 1 : Structure De La Molécule De L'eau (Khelili et Lazali.2015).

La structure de la molécule d'eau H_2O , chaque atome d'hydrogène est lié à l'atome d'oxygène par une liaison dite « covalente », c'est-à-dire qu'une paire d'électrons est mise en commun, ce qui confère une très grande stabilité à la molécule. Celle-ci se manifeste dans la valeur élevée de l'enthalpie de la liaison O-H (462,5 k. mol⁻¹) (Khelili et Lazali.2015).

1.3. Etats physiques de l'eau

L'eau existe sous trois états : solide, liquide et gazeux. Il est solide quand la température est inférieure à 0°C, liquide entre 0°C et 100°C, et gaz quand la température est supérieure à 100 °C. Ces trois phases coexistent dans la nature, toujours observables deux à deux, et plus ou moins en équilibre : eau- glace, eau- vapeur, glace- vapeur selon les conditions de température et dépression (Michard.2002).

➤ État solide

C'est la glace, le verglas... Les molécules d'eau sont parfaitement organisées de façon à former quelque chose de dure et solide.

➤ État liquide

C'est l'eau des rivières, de l'océan, du robinet, même des nuages, Les molécules d'eau sont un peu dans tous les sens, mais assez proches les unes des autres.

➤ État gazeux

C'est de l'eau qui n'est pas visible à l'œil nu. Il y en a partout dans l'air que l'on respire. Les molécules d'eau sont désordonnées et très espacées les unes des autres.

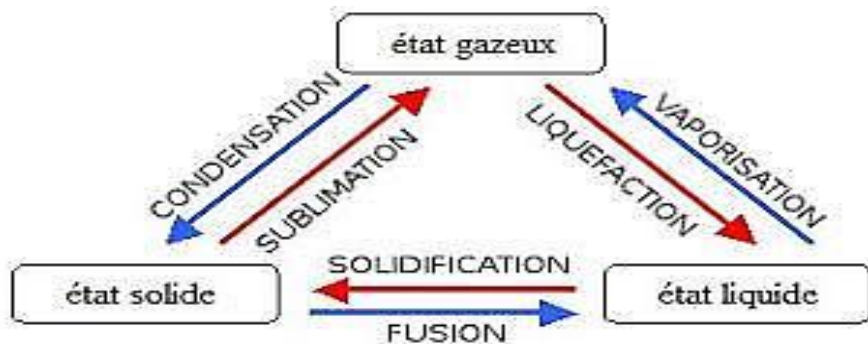


Figure 2 : Changements de l'état physique de l'eau.

I.4. Cycle de l'eau

Le cycle de l'eau (ou cycle hydrologique) est un phénomène naturel qui représente le parcours entre les grands réservoirs d'eau liquide, solide ou de vapeur d'eau sur Terre : les océans, l'atmosphère, les lacs, les cours d'eau, les nappes d'eaux souterraines et les glaciers. Le « moteur » de ce cycle est l'énergie solaire qui, en favorisant l'évaporation de l'eau, entraîne tous les autres échanges (Beliefert et Peerraud.2001).

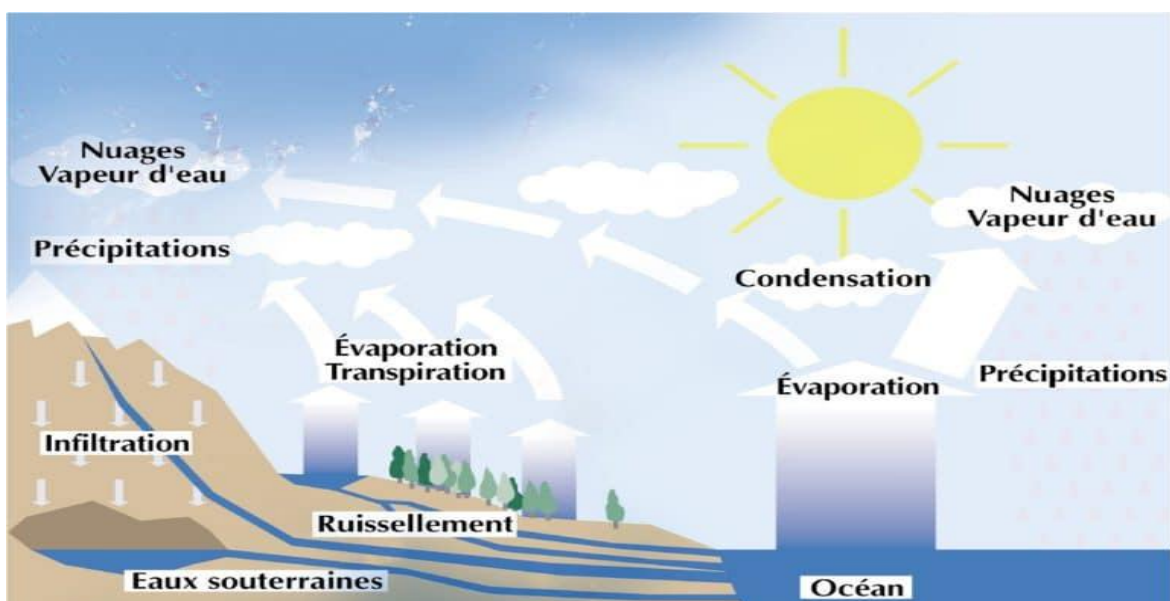


Figure3 : Cycle de l'eau (Sari.2014)

I.5. Types d'eau dans la nature

Les réserves disponibles d'eaux naturelles sont constituées des eaux souterraines (infiltration, nappes), des eaux de surface stagnantes (lacs, retenues de barrages) ou en écoulement (rivières, fleuves) (Ayed.2016).

I.5.1. Eaux de surface (superficielles)

Ce terme englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents.

➤ Origine:

Elles ont pour origine, soit des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit les eaux de ruissellement. Ces eaux se rassemblent en cours d'eau, caractérisés par une vitesse de circulation appréciable. Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (lacs) ou artificielles (retenues de barrages) où peut apparaître une grande hétérogénéité de la qualité selon la profondeur (Degremont.2005).

➤ Caractéristiques générales

La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains rencontrés durant leur parcours. Au cours de son cheminement, l'eau dissout les différents éléments constitutifs des terrains. En revanche, sa teneur en gaz dissous (oxygène, azote, gaz carbonique) dépend des échanges à l'interface eau- atmosphère et de l'activité métabolique des organismes aquatiques au sein de l'eau (Layochis.1999).

➤ Potabilité des eaux de surface

Les eaux de surface sont rarement potables sans aucun traitement et sont toujours plus ou moins polluées par divers rejets :

- **d'origine urbaine** : les rejets provenant de la collecte des **ERU**, même après leur traitement en station d'épuration.
- **d'origine industrielle** : polluants et micropolluants organiques (hydrocarbures, solvants, produits de synthèse, phénols).
- **d'origine agricole** : engrais et produits pesticides (herbicides, insecticides, fongicides), entraînés par les eaux de pluie et le ruissellement.

I.5.2. Eaux souterraines :

Ce sont les eaux qui circulent sous le niveau du sol et qui remplissent les fractures du socle rocheux ou les pores présents dans les milieux granulaires tels que les sables et les graviers (Merouani et Bouguedah.2013).

Elles proviennent de l'infiltration lente d'environ 20 % des eaux de précipitation, à travers le sol, jusqu'aux couches imperméables où elles s'accumulent en nappes plus ou

moins importante et profondes. La pénétration et la rétention de ces eaux dans le sol dépendent des caractéristiques des terrains en cause et notamment de leurs structures (Ayed.2016).

L'eau souterraine est d'une composition plus stable que celle des eaux de surface. Sa composition chimique est déterminée par la nature géologique du terrain, puisque l'eau est en contact continu avec le sol dans lequel elle stagne ou circule (Ayed.2016).

Les eaux souterraines ont, pendant longtemps, été synonymes « d'eaux propres » répondant naturellement aux normes de potabilité. Ces eaux sont en effet moins sensibles aux pollutions accidentelles.

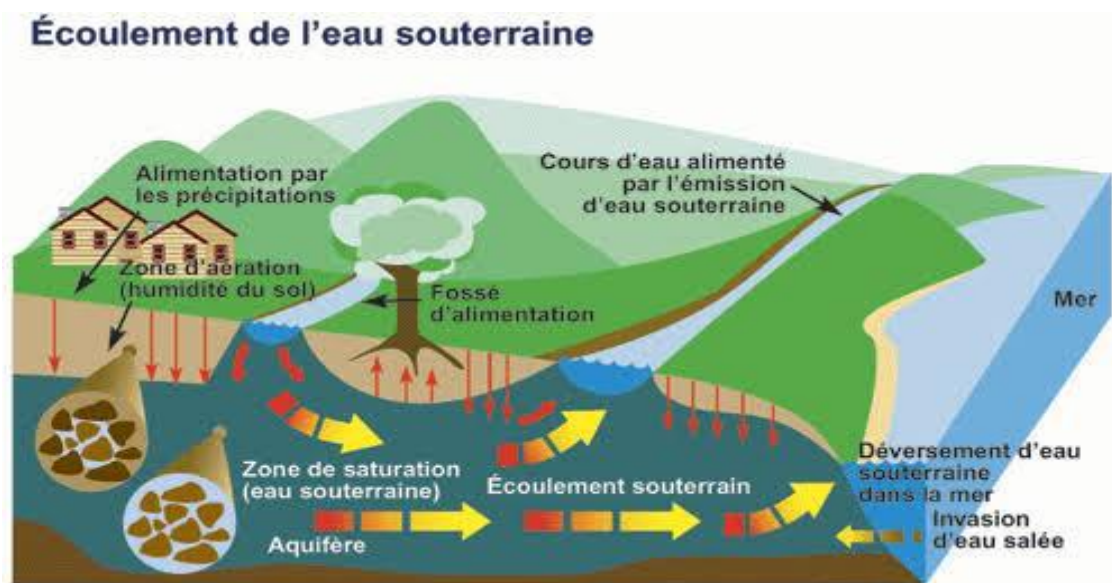


Figure 4 : Ecoulement de l'eau souterraine (Ayed.2016).

1.5.2.1 Caractéristiques

Les eaux souterraines sont souvent contenues dans des couches aquifères : une couche aquifère est une strate saturée qui peut rapporter des quantités utilisables de l'eau à un puits.

Il y a deux types différents de couches aquifères basées sur des caractéristiques physiques : si la zone saturée est coincée entre des couches de matériaux imperméables et si les eaux souterraines sont sous pression, on sera en présence d'une couche aquifère confinée, s'il n'y a aucune couche imperméable immédiatement au-dessus de la zone saturée, on sera en présence d'une couche aquifère non confinée. Dans ce cas, le dessus de la zone saturée est la table de l'eau (Merzoug et Al.2010).

La table d'eaux souterraines est la surface des eaux souterraines exposées à une pression atmosphérique sous la surface de la zone saturée. Une table de l'eau peut changer dans l'altitude.

1.5.2.2 Types d'Eaux Souterraines

A - Les nappes

Est une eau contenue dans les interstices ou les fissures d'une roche du sous-sol (Aquifère). Seule l'eau libre, c'est à dire capable de circuler dans la roche faisant partie de la nappe. Ce type de réservoir peut être exploité et peut approvisionner les réseaux de distribution d'eau potable, comme dans les cas qu'on va étudier en partie pratique (Arjen.2010).

❖ Nappe phréatique

La nappe phréatique est une nappe d'eau que l'on rencontre à faible profondeur. Elle alimente traditionnellement les puits et les sources en eau potable. C'est la nappe la plus exposée à la pollution en provenance de la surface (Rodier et Al.2009).

❖ Nappe de l'Albien

Elle se trouve en grande partie dans le Sahara algérien, elle est la plus grande réserve d'eau douce au monde. Elle contient plus de 50 000 milliards de mètres cubes d'eau douce, l'équivalent de 50 000 fois le barrage de Beni Haroun qui alimente six wilayas limitrophes de l'est du pays. Cette eau est le résultat de l'accumulation qui s'est effectuée au cours des périodes humides qui se sont succédé depuis 1 million d'années. La nappe s'étend dans une zone presque deux fois plus grande que la France, entre la Libye, la Tunisie et majoritairement l'Algérie. La répartition territoriale est estimée à :70%, pour l'Algérie, 20% pour la Libye et enfin 10% pour la Tunisie (Seghir.2009).

B -Source

Une source est un lieu d'apparition et d'écoulement d'eau souterraine à la surface du sol, elle est toujours liée à l'existence d'une nappe et peut être située au mur ou au toit du réservoir aquifère (Begarnia.2016).

Les sources présentent généralement les qualités de l'eau souterraine, tout en permettant une exploitation aisée. Leur présence est étroitement liée à la géologie du terrain.

C- Forage

Le forage est une technique ou opération permettant le creusement de trous généralement verticaux. L'eau du forage est purifiée par un long parcours à travers le sol, les possibilités

de pollution sont donc réduites, et surtout si l'extraction de l'eau se fait au moyen de pompe. Raison pour laquelle l'eau de forage est en général la meilleure pour la consommation humaine (Julien.2007).

D- Puits

On appelle puits de surface un puits qui s'approvisionne directement dans la nappe phréatique. Le pompage dans un puits de surface a pour effet de former autour du puits un cône de dépression. Un excès de pompage abaissera le niveau phréatique et pourra contribuer à assécher d'autres puits avoisinants (Collin.2004).

I.6. Usage de l'eau

Les utilisations de l'eau sont traditionnellement réparties entre secteurs : l'eau domestique, agricole et industrielle en pourcentage de l'utilisation totale de l'eau.

❖ Le secteur domestique

Il comprend les prélèvements d'eau de consommation personnelle, ceux des établissements commerciaux, services publics et autres usages municipaux. Il peut inclure des données de prélèvements d'usines raccordées au système d'égout [35]. Selon De France (1996), un habitant consomme 230 L par jour, n'en utilise que seulement 1 % pour la boisson et 6 % pour la préparation de la nourriture, les 93 % restant sont consacrés aux bains-douches : (39 %) aux sanitaires, (20 %) au lavage le linge, (12 %) de la vaisselle, (10 %) à des usages domestiques divers, (6 %) aux lavage des voitures et arrosage du jardin (Defrance.1996).

❖ Le secteur industriel

Usage industriel est consommatrice d'eau, ses prélèvements concernent les usines non raccordées au système d'égout municipal. Elle peut être utilisée dans l'entretien (lavage, nettoyage), dans le transport hydraulique, dans les fluides du système de refroidissement utilisé par des usines (Jullien.2007). Dans la production d'aliments, de substances primaires dans l'industrie de production, ou de solvants et milieux réactionnels dans l'industrie chimique par exemple (Degrement.1989).

❖ Usage agricole

L'agriculture est la principale consommatrice d'eau. Les prélèvements incluent l'irrigation et l'élevage du bétail. D'après Shiklomanov (1999) et Marsily (2006), ces prélèvements sont peu importants dans les pays tempérés (13 % du total en France)[83]. Mais plus le climat est sec, plus l'agriculture doit avoir recours à l'irrigation et plus sa part dans les prélèvements augmente. Des valeurs de l'ordre de 90 % sont fréquentes dans les pays arides (Muriel.2010).

I.7 Eau Brute

L'eau brute est, par principe, d'intérêt général. L'article L. 210-1 du Code de l'environnement indique que l'eau fait partie du patrimoine commun de la nation. La notion de patrimoine commun vise à renforcer de façon substantielle la légitimité de l'État à intervenir pour défendre l'intérêt général et s'opposer aux intérêts particuliers. C'est-à-dire qu'une source d'approvisionnement en eau appartient à la commune ou à la collectivité locale qui a la responsabilité de s'assurer que sa population est en permanence approvisionnée en quantité suffisante d'une eau répondant à des normes strictes de qualité (Grosconde.1999).

- **Origine**

L'eau brute qui est employée en amont des stations de traitement est issue de différentes sources généralement souterraines. L'origine souterraine de l'eau brute destinée après traitement à la consommation humaine est indispensable à des raisons sanitaires et de sécurité. Sanitaires parce que les eaux souterraines sont moins sensibles à des pollutions accidentelles, et de sécurité puisqu'elles sont également inaccessibles à d'éventuels actes malveillants (Algérienne des eaux.2006).

I.7.1 Eau potable

L'eau potable est une eau que l'on peut boire ou utiliser à des fins domestiques et industrielles sans risque pour la santé. Elle peut être distribuée sous forme d'eau en bouteille (eau minérale ou eau de source, eau plate ou eau gazeuse), d'eau courante (eau du robinet) ou encore dans des citernes pour un usage industriel (Analyse microbiologique d'eau potable).

L'eau de robinet : 62 % de l'eau du robinet provient des eaux souterraines (nappes superficielles et profondes), les 38 % restants proviennent des eaux superficielles (torrents, rivières, lacs).

I.7.1.1 La composition de l'eau potable

Pour être considérée comme potable, l'eau doit être exempte de toute substance jugée nocive pour la santé :

- Les germes pathogènes, comme les bactéries et les virus.
- Les substances chimiques indésirables, comme les nitrates, les phosphates, les métaux lourds, les hydrocarbures et les pesticides.
- Des sels minéraux, comme le calcium, le magnésium, le potassium, le chlore...
- Des oligo-éléments, comme le fluor, le cuivre, le fer, le silicium, le manganèse, le zinc...

1.7.2 Traitement de potabilisation

Pour faire la transition d'une eau brute à une eau potable, on utilise différents procédés de traitement de Potabilisation.

Bien que de nombreuses autres méthodes existent, la désinfection de l'eau par chloration est la méthode la plus facilement applicable et la plus utilisée .

1.7.2.1 La chloration

La chloration est un des moyens utilisables pour fournir une eau de qualité aux usagers, mais elle ne constitue qu'un des maillons de la chaîne de potabilisation, elle ne doit donc pas être isolée des autres mesures d'hygiène public (Cahier de chloration.1996).

1.7.2.2 Les systèmes de chloration

A - Chloration manuelle

✓ Galets de Chlore

Utilisés avec des concentrations suffisantes pour un volume d'eau donné, donc on met le nombre de galets nécessaires pour la désinfection d'un puits pendant une durés de 1 mois (Cahier de chloration.1996).

✓ Ajout d'eau de javel :

Dans un réservoir ou une bache à eau destinée à l'approvisionnement en eau potable ; on incorpore un volume d'eau de javel. Cette méthode est à éviter, car elle ne respecte ni le temps de contact du désinfectant dans l'eau, ni le volume d'eau variable suivant le débit d'arrivée de l'eau (Cahier de chloration.1996).

✓ Pots chlorateurs :

Le système est constitué d'un double pot, à l'intérieur duquel on introduit de l'hypochlorite de calcium, du sable pour lester et de l'hexamétaphosphate de sodium pour éviter la prise en masse de l'ensemble .Le principe est basée sur la diffusion lente de l'acide hypochloreux au travers de ce double pot.

1.7.2.3 Chloration automatique

B - Chlorateurs à la pompe

Il s'agit de mettre au point un équipement qui puisse être aisément placé sur une pompe manuelle d'hydraulique villageoise (du type de celles utilisées en Afrique) et pouvant chlorer l'eau proportionnellement au volume pompé par la pompe(Cahier de chloration.1996).

- **Chloration par pompes doseuses**

L'idée de départ était d'intercaler entre la batterie et le matériel d'injection (pompe doseuse), un élément permettant d'économiser et de régulariser l'énergie, mais aussi de diffuser le chlore proportionnellement au débit d'eau (Cahier de chloration.1996).

1.7.2.3 L'intérêt de l'utilisation de chlore

- le Cl et ses dérivés sont de bons désinfectants.
- le Cl a un pouvoir rémanent contrairement aux autres désinfectants.
- Contrôle des odeurs et des goûts.
- Prévention dans la croissance des algues.
- Élimination du fer et du manganèse.
- Destruction de l'acide sulfurique.
- Élimination des colorants organiques.
- Amélioration de la coagulation par silice.

I. 2.1 Différents aspects de la qualité de l'eau

La production et la distribution de l'eau potable sont encadrées par une réglementation stricte qui impose des normes définissant la qualité exigible de l'eau destinée à la consommation humaine.

L'eau « propre à la consommation humaine » doit répondre à des critères répartis entre des limites et des références de qualité. Un critère donné est rempli lorsque la norme est respectée pour un paramètre donné (Ayachi et Yamoun, 2019).

I.2.1.1 Qualité organoleptique

Les paramètres organoleptiques désignent la couleur, la saveur, la turbidité (c'est-à-dire la transparence) et l'odeur de l'eau. Ce sont des paramètres de confort plutôt que d'hygiène. Ainsi, l'eau distribuée au robinet du consommateur doit être agréable à boire, claire, fraîche et sans odeur (Ayachi et Yamoun, 2019).

I.2.1.2 Qualité bactériologique

L'eau destinée à la consommation humaine ne doit pas nuire à la santé de consommateurs, elle doit donc être exempte de tout micro-organisme pathogène.

Les paramètres microbiologiques sont considérés comme le critère le plus important concernant la potabilité de l'eau.

Les bactéries que l'on ne doit pas retrouver dans une eau destinée à la consommation ou bien la qualité limite tolérée de ces organismes dans l'eau. Ces organismes sont avant tout des indicateurs bactériologiques ou « germes témoins de contamination fécale » (Ayachi et Yamoun, 2019).

I.2.1.3 Flore pathogène

Les différents indicateurs bactériologiques couramment utilisés sont : les coliformes, les entérocoques et *Escherichia coli*. Bien que ces trois bactéries ne soient pas directement pathogènes, leur simple présence dans l'eau indique que d'autres germes potentiellement dangereux pour l'homme sont aussi présents.

➤ Critère de choix des coliformes comme indicateur de pollution :

Les bactéries du groupe « coliformes thermo tolérants » ou « coliformes fécaux » sont choisies comme bactéries de référence. L'utilité et la fidélité de ce paramètre comme indicateur de pollution par de la matière fécale sont dues aux facteurs suivants :

- Ils sont trouvés dans l'excrément des animaux à sang chaud, y compris des humains.
- Ils sont facilement détectables et quantifiables par des techniques de laboratoire relativement simples et économiquement viable, sur n'importe quel type d'eau.

-Si des bactéries pathogènes d'origine intestinale sont présentes, il y a également des coliformes, ces derniers étant généralement en plus grand nombre que les bactéries pathogène. Leur concentration dans l'eau contaminée à une relation directe avec le degré de contamination fécale de cette dernière (Dentelles, 2001).

- Elles ont la durée de survie la plus importante chez les bactéries pathogènes intestinales, car elles sont moins exigeantes sur le plan nutritionnel et sont incapables de se multiplier dans le milieu aquatique ou se multiplient moins que les bactéries entériques (Dentelles, 2001).

- Leur survie dans l'environnement est généralement équivalente à celle des bactéries pathogènes et elle est habituellement inférieure à celle des coliformes totaux (CEAEQ, 2000).

- Elles sont plus résistantes aux désinfectants et aux agents tensioactifs que les bactéries pathogènes (CEAEQ, 2000).

➤ **Les germes totaux**

La numération des germes aérobies mésophiles ou germes totaux, vise à estimer la densité de la population bactérienne générale dans l'eau potable. Elle se réalise à deux températures différentes afin de cibler à la fois les microorganismes à tendance psychrophile soit à 20 °C et ceux franchement mésophile soit à 37 °C. Elle permet ainsi une appréciation globale de la salubrité générale d'une eau, sans toutefois déterminer les sources de contamination (Ayed, 2016).

D'une manière générale, ce dénombrement est utilisé comme indicateur de pollution et également comme indicateur d'efficacité de traitement, en particulier des traitements physiques comme la filtration par le sol, qui devrait entraîner soit une très forte diminution de la concentration bactérienne, soit même une absence de bactérie.

➤ **Les Coliformes totaux :**

Les coliformes totaux sont utilisés depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau car ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale.

Les coliformes totaux sont définis comme étant des bactéries en formes de bacilles gram-négatifs aérobies ou anaérobies facultatives, non sporulés, oxydase-négatifs, possédant l'enzyme β -galactosidase permettant la fermentation du lactose à 35/37 °C avec production de gaz en 48h, capables de se développer en présence de sels biliaires ou d'agents tensio-actifs.

Ils sont sensibles au chlore (Ayed, 2016). Ce groupe est composé des principaux genres suivants : *Citrobacter*, *Escherichia*, *Klebsiella*, *Serratia*, *Yersinia*, *Rahnella* et *Buttiauxell* (Degremont, 2005).

La plupart des espèces sont non pathogènes et ne représentent pas de risque direct pour la santé, à l'exception de certaines souches d'*Escherichia coli* (*E. coli*) ainsi que de rares bactéries pathogènes opportunistes. Ils se répartissent en deux catégories:

-Les germes thermophiles ;

-Les germes psychrophiles (aquatique ou terrigène), leur intérêt moindre pour déceler une contamination d'origine fécale (Hamed et al. 2012).

➤ **Les coliformes fécaux :**

Les coliformes fécaux, ou les coliformes thermo-tolérants, sont un sous- groupe des coliformes totaux qui ont la capacité de fermenter le lactose à une température de 44°C en 24h. L'existence de ces germes peut être une indication de la présence des micro-organismes entéro-pathogènes, comme les salmonelles (Chevalier, 2003).

• **Caractéristique d'un coliforme fécal (*Escherichia coli*)**

Nom commun : colibacille, qui est l'agent du *coli bacillose b*, il existe en fait diverses souches, dont certaines sont inoffensives.

Escherichia coli fait partie de la flore intestinale et constitue le principal germe-test de contamination fécale, alors que d'autres sont pathogènes et responsables de dysenteries (Ladjel, 2009).

Sa détection dans l'eau est considérée comme meilleur indicateur de contamination fécale de l'eau, car elle ne peut pas en général se reproduire dans les milieux aquatiques, leur présence dans l'eau indique une pollution fécale récente qui selon son origine, comporte des risques plus ou moins importants d'infection à caractère entérique (Debabza, 2005).

➤ **Les streptocoques fécaux :**

Ces bactéries appartiennent à la famille des *strepto coccaceae*, au genre *strepto coccus* (Rodier et al. 2009). Ce sont les streptocoques du genre D, ils sont définis comme étant des cocci sphériques légèrement ovales, Gram positifs. Ils se disposent le plus souvent en diplocoques ou en chaînettes, se développent le mieux à 37°C et possèdent le caractère homo-fermentaire avec production de l'acide lactique sans gaz. Ce groupe est divisé en deux sous-groupes : *Enterococcus* et *Streptococcus* (John et Donald, 2010).

Certains streptocoques fécaux sont très apparentés aux entérocoques et sont encore utilisés à titre d'indicateurs de contamination fécale. Ils se retrouvent habituellement dans les eaux souterraines à la suite d'une pollution d'origine fécale ancienne. Ils peuvent aussi se multiplier dans les milieux présente des pH allant jusqu'à 9,6. Par conséquent, ces germes peuvent être utilisés comme indicateur d'organismes pathogènes ayant une résistance similaire au pH élevé (Seghir, 2008).

➤ **Les Clostridium sulfito-réducteurs :**

Parmi les paramètres retenus pour déterminer la qualité microbiologique d'une eau de consommation, les *Clostridium sulfito-réducteurs* sont pris en compte aussi. Ces dernières sont des bactéries à Gram positif mesurant 4 à 6 µm de large, produisant des spores dont le plus caractéristique est *Clostridium perfringens* (Gleeson et al. 1997).

Elles font partie de la flore tellurique naturelle, aussi bien retrouvées dans les matières fécales humaines et animales. De ce fait, aucune spécialité d'origine fécale ne peut être attribuée à leur mise en évidence. L'intérêt de la recherche de tels indicateurs réside souvent dans la propriété de sporuler, ce qui les rend particulièrement résistant au traitement de désinfection (Gleeson et al. 1997).

I. 2.2 Norme de la qualité de l'eau :

Un paramètre est un élément dont on va rechercher la présence et la quantité. La norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser, ou une limite inférieure à respecter, un critère donné est rempli, lorsque la norme est respectée pour un paramètre donné. Un paramètre ne devient un critère qu'à partir du moment où il est choisi pour établir une norme.

La norme fixe pour chacun des paramètres retenus comme critères d'une valeur chiffrée, qui définit soit un maximum à ne pas dépasser, soit une quantité minimum, soit encore une fourchette comprise entre un minimum et un maximum.

Globalement, la qualité de l'eau de boisson doit obéir à des normes définies par une réglementation nationale. Il peut en résulter, pour un pays ou une région donnée, des dispositions réglementaires différentes de la qualité de l'eau, par rapport aux normes internationales (OMS 1994). Le fait qu'une eau soit conforme aux normes, c'est-à-dire potable, ne désigne donc pas qu'elle soit exempte de matière polluantes, mais que leur concentration a été jugée suffisamment faible ne pas mettre en danger la santé du consommateur (Maiga, 2005).

I.2.2.1 Normes Algériennes

En algérie, il existe des réglementations locales pour la qualité de l'eau de boisson en citant le journal Officiel de la République Algérienne qui représente les différents paramètres physico-chimiques et bactériologiques de la qualité de l'eau de consommation humaine avec des valeurs limites (JORA, 2011).

Ces normes de potabilité sont définies par l'arrêté du 26 juillet 2000 (JO n° 51/00) relatif aux spéciations des eaux de boissons préemballées et aux modalités de leur présentation (Bouziani, 2000). Elles ont été adoptées par des différentes directions de l'hydraulique des wilayas du Nord et qui concernent 41 paramètres de qualités classés en 04 catégories : paramètres organiques, physico-chimiques, substances indésirables et substances toxiques (Alouane, 2012).

I.2.2.2 Normes selon l'OMS

L'OMS établit, pour chaque paramètre, des recommandations qui peuvent être adaptées dans chaque pays, en fonction de l'état sanitaire et conditions économiques, pour aboutir aux normes réglementaires nationales (OMS 1994).

I.2.2.3 Normes relatives aux paramètres microbiologiques

La présence des indicateurs constitue donc un signal d'alarme et laisse présager la possibilité d'une présence de germes pathogènes. De même, leur absence suppose l'absence de ces germes.

La réglementation a retenu comme germes indicateurs de contamination fécale les bactéries entérocoques et coliformes thermotolérants aujourd'hui supplantés par l'espèce *Escherichia coli*.

À ces germes tests se rajoutent la recherche d'indicateurs d'efficacité de traitement: spores de bactéries anaérobies sulfite réductrices (décret français) ou spores de *Clostridium perfringens* (directive européenne) (Ladjel, 2013).

I.2.3 Pollution de l'eau souterraine

Le terme pollution informe la présence d'une substance au-delà d'un seuil pour lequel des conséquences négatives sont susceptible de se produire. Elle comprend toute nuisance apportée à un écosystème qu'elle soit une modification chimique, physique ou biologique (Hélène, 2000).

La pollution des eaux souterraines entraîne le risque permanent de limitation de cette ressource dans le proche avenir. Elle peut être observée au niveau des nappes ou des sources d'eaux par l'infiltration d'eaux usées (Hélène, 2000).

Une eau est dite polluée lorsque son équilibre est modifié de façon durable par l'apport en quantités très importantes des substances plus ou moins toxiques, d'origines naturelles ou issues d'activités humaines (Ayed, 2016).

I.2.3.1 Pollution de l'eau en aval de la source

Certes il est fondamental d'avoir un forage fournissant une eau propre, il est également très important que l'eau reste potable jusqu'à son utilisation à domicile. Elle ne doit pas être contaminée entre ces deux points (Montiel, 2004).

Cette pollution est un véritable problème de santé publique ; qui peut être exposé à plusieurs niveaux :

- Ressource d'eau.
- Ouvrage de stockage de l'eau destinée aux consommateurs.
- Contamination de l'eau au réseau de distribution, donc au robinet du consommateur.
- Problème du prélèvement, transport, stockage et préparation des aliments
- Hygiène : « mains sales » excréta... (Analyses microbiologiques de l'eau potable. Ministère du Développement durable, AgroEnviroLab)

Si un point de cette chaîne est défaillant, l'eau sera contaminée et les personnes qui vont la consommer risquent de contracter une infection pouvant être mortelle (Rodier et al. 2005).

I.2.3.2 Transferts des polluants dans les eaux souterraines

Qu'il s'agisse d'une pollution diffuse de type agricole ou d'une pollution accidentelle. Le point de départ est la surface du sol jusqu'à la nappe en passant par la zone non saturée, puis le cheminement subhorizontal avec étalement progressif du panache de pollution.

Le transfert d'un polluant étant indissociable de l'écoulement du fluide qui le véhicule, le comportement d'une pollution dans un milieu géologique donné dépend des lois et des paramètres de l'écoulement de la phase liquide.

Les modalités et temps de transfert des polluants sont très variables selon les types de polluants et des sols et font appel à trois processus distincts : les caractéristiques des sols et leur humidité, les réactions chimiques des molécules avec l'eau et le milieu, l'activité microbienne.

Ainsi, une nappe peut être protégée pour un type de pollution et pas contre un autre. Comme exemple, une nappe peut être protégée des pollutions microbiologiques grâce au

pouvoir filtrant des sables, mais ceux-ci restent inefficaces faces aux polluants chimiques solubles dans l'eau (Yatabary, 1994).

I.2.4 Les polluants biologiques

Les principaux organismes pathogènes qui se multiplient ou qui sont transportés dans l'eau sont : les bactéries, les virus, les parasites et les algues (Bouziani ,2000). Ils sont peu nombreux dans les eaux de nappes du fait des conditions habituellement anaérobies et des faibles quantités de nutriment disponibles .le transfert de matière organique dans la nappe favorise leur prolifération (Bouziani ,2000).

I.2.4.1 Pollution bactérienne

Les eaux polluées peuvent contenir un nombre extrêmement important de bactéries pathogènes. La plupart de ces pathogènes sont d'origine fécale. Ils sont plus connus et faciles à rechercher et à dénombrer. La pollution bactériologique est l'une des principales causes de décès à l'échelle mondiale (Grosclaude, 2011).

Parmi les germes pathogènes les plus répandus dans l'eau, on distingue :

- Les germes banals : les bacilles coliformes, les protéus
- Les bacilles dysentériques dont les Shigella et le bacille de flenxer.
- Les salmonelles, dont le Salmonella typhi. Salmonella paratyphi A et B et les bacilles Gartner et Morgan qui survivent peu de temps dans l'eau propre (Grosclaude, 2011).

I.2.4.2 Les causes de la pollution bactérienne

Les principales causes de la contamination bactériologique est le plus souvent reliée à :

- Une dégradation brutale de la qualité de la ressource sans qu'il y ait une adaptation du traitement de l'eau.
- Un dysfonctionnement ou l'absence d'installation de traitement.
- Mauvais raccordements d'habitations au réseau d'assainissement
- Rejets de station d'épuration d'eaux résiduaires et ruissellement sur les sols lors des pluies importantes
- L'existence de dispositifs d'assainissement autonomes défectueux dans certaines zones d'habitations.
- Une contamination des réseaux par l'introduction d'eau contenant des parasites dans les canalisations (site web).

I.3.1 Maladies à transmission hydrique

Les maladies à transmissions hydrique appelées par contraction (MTH) appelé également maladies de canalisation ils constituent un groupe de maladies à allure épidémique dues à l'ingestion d'eau contaminée par certains germes. Les MTH recouvrent un large éventail de manifestations pathologiques d'origine bactérienne, parasitaire ou virale comme les bactéries strictement pathogènes ou opportunistes, les virus ou les parasites issues d'une fèces humaine ou animale, dont l'élément commun est le mode de contamination de l'eau (Directives de qualité pour l'eau de boisson Vol 12).

La propagation des MTH est liée à divers facteurs comme la mauvaise qualité de l'eau, le manque d'hygiène et la pauvreté. Les êtres humains et les animaux peuvent être les hôtes des bactéries, des virus et protozoaires qui causent ces maladies. Des millions de gens n'ont guère accès, pour leur hygiène personnelle, à une évacuation contrôlée des eaux usées ou à une eau usée salubre. On estime que 3 milliards d'êtres humains, par exemple, n'ont pas de toilette sanitaire. Plus de 1,2 milliard de personnes courent des risques parce qu'ils n'ont pas accès à de de l'eau salubre.

Comme pour toutes les maladies contagieuses, La transmission des maladies d'origine hydrique, dépend de trois facteurs : **l'organisme infectant, l'environnement et l'individu.**

Selon le type de micro- organismes, la dose infectieuse, les voies d'exposition aux agents infectieux, nécessaires pour provoquer la maladie est très variable. En général, la dose nécessaire est plus faible dans le cas des virus et des protozoaires qu'avec les bactéries.

Parmi les infections à transmissions hydrique que l'on retrouve en Algérie, on peut citer : la fièvre typhoïde, le choléra, les hépatites infectieuse, les dysenteries, la poliomyélite (Directives de qualité pour l'eau de boisson, Vol 12).

➤ Choléra

C'est une maladie infectieuse diarrhéique à caractère épidémique, d'origine bactérienne, transmise par voie digestive. la transmission de ce germe est donc hydrique ou interhumaine : eaux polluées, produits marins contaminés, fruits et légumes irrigués, mains sales (N'diaye ,2002).

➤ Fièvre typhoïde

Causée par une bactérie du genre des salmonelles dont les espèces responsables sont : salmonella enterica, salmonella typhi ou salmonella paratyphi A, B et C, trouvé dans le

lait, la nourriture ou l'eau contaminée. Maladie strictement humaine, les symptômes sont des maux de tête, des nausées et l'anorexie et diarrhée (Masschelein, et Hordé, 2014).

Hépatite virale A

Il se transmet par voie digestive oro-fécale soit directe (manuportée) soit indirectement par l'eau souillée, contaminée par des selles infectées par le virus d'où une plus forte incidence dans les pays où les réseaux d'eau potable et les stations d'épuration sont de qualité insuffisante (Masschelein, et Hordé, 2014).

I.3.2 Mode de contamination de l'eau de boisson

La contamination de l'eau de boisson commence par l'élimination, par les malades ou les porteurs « sains », des germes pathogènes dans les salles. C'est un point essentiel dans la transmission des agents infectieux. Ces germes pathogènes, après avoir contaminé les mains, les aliments, les eaux de surface, les canalisations défectueuses, les puits non protégés et les nappes phréatiques superficielles, ils se multiplient et se conservent en milieux aqueux ou sur les sols humides (Guyader, 1999).

I.3.3 Voies de transmissions des agents infectieux

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

- Transmission directe par ingestion d'eau de boisson contaminée ou par main sale portée à la bouche.
- Transmission indirecte par aliments ou objets souillés par eau ou main sales (Guyader, 1999).

Du fait de multiplicité des voies de transmission, les mesures visant à améliorer la qualité et la disponibilité de l'eau, l'élimination des excréta et l'hygiène en général sont particulièrement importantes pour réduire les taux de morbidité et de mortalité de diarrhée (Directives de qualité pour l'eau de boisson, Vol 2).

Les risques induits par l'eau de boisson peuvent être divisé en trois catégories : les risques à **court terme**, **moyen terme** et **long terme**.

- Le risque à court terme correspond au risque pris en ne buvant qu'un seul verre d'eau : il est exclusivement microbiologique, dans ce cas les sources de pollution son urbain

- Les risques à moyen et long terme sont liés à la consommation régulière et continue durant des semaines, des mois, même des années d'une eau contaminée chimiquement, les sources de pollution dans ce cas sont respectivement industrielles et agricoles (Gouvernement du Québec ,2004).

I.3.4 Principaux facteurs des M. T. H en Algérie

- La vétusté des réseaux en milieu urbain qui provoque fréquemment des cross connexions entre les réseaux d'approvisionnement en eau potable (AEP) et l'assainissement.

- L'accroissement des besoins en eau qui est liée d'une part à un forte poussé

Démographique et d'autre part en développement économique et industriel (Aroura, 1997).

I.3.5 Gestion des risques hydriques

La gestion technique et hygiénique doit être la plus préventive possible, c'est-à-dire appliquée dès le choix de la ressource puis lors de conception et de la réalisation des installations afin d'assurer une protection de l'individu 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 de boisson. La prévention de la consommation microbienne et chimique de l'eau de source est la première barrière s'opposant à une contamination de l'eau de boisson préoccupante pour la santé publique (N'diaye, 2002).

La gestion des risques hydriques s'étale principalement sur deux étapes :

- La surveillance de la qualité de l'eau.
- L'enquête sanitaire.

I. 3.6 Evaluation des risques hydriques d'origine microbiologique

Cette évaluation est utilisée principalement lors de la détermination des normes ou recommandations de qualité d'eau potable. Cette démarche peut être aussi utilisée en cas de dépassement de normes afin de déterminer l'importance et le type de mesure à prendre pour protéger la santé de la population exposée. La première étape utilisée habituellement dans l'évaluation des risques consiste à évaluer si le microorganisme a un caractère pathogène. Pour évaluer ces risques un certain nombre d'indicateur de contamination fécale sont pris en compte(Ayachi et Yamoun, 2019).

I. 3.7 Programme national de lutte contre les M T H

Plusieurs facteurs ont permis l'éclosion de nombreux foyers endémo-épidémiques des MTH et la multiplication de nombreux processus épidémiques de typhoïde et de choléra durant les saisons estivales. Devant cette grave situation épidémiologique, le

gouvernement a mis en place en 1987 un programme national de lutte contre les maladies hydriques .Le programme de la lutte contre les M T H comprend :

- Des actions relevant de secteur de l'hydraulique (réseau de distribution et d'assainissement, épuration des eaux,).
- Des actions qui doivent être menées par les services de santé (surveillance épidémiologique, contrôle systématiques des aliments et de l'eau de boisson) .
- Des actions qui sont prises en charge par les communes (entretien et protection des ouvrages d'adduction d'eau, l'assainissement et le contrôle des puits) (OMS , 2006).

Chapitre 2

Matériels et méthodes

II.1 Présentation de l'établissement d'accueil (SEACO)**II.1.1. Création de la SEACO**

La Société de l'Eau et de L'Assainissement de Constantine (SEACO) est une société par action, créée conjointement par l'Algérienne Des Eaux (ADE) et l'Office Nationale de l'Assainissement (ONA). Créée en 2006, la SPA SEACO s'est vue confier la gestion déléguée des services de l'eau et de l'assainissement de la wilaya de Constantine.

Depuis 2008, la SPA SEACO a mis en place un nouveau mode de gestion et d'exploitation des services de l'eau et de l'assainissement en conformité avec les objectifs des institutions nationales et les enjeux du service public.

La société est chargée dans le cadre de la politique nationale de développement d'assurer sur les 12 communes de la wilaya de Constantine, la mise en œuvre de la politique nationale de l'eau potable à travers la prise en charge des activités de gestion des opérations de production, de transport, de traitement, de stockage, d'adduction, de distribution et d'approvisionnement en eau potable et industrielles ainsi que le renouvellement et le développement des infrastructures s'y rapportant.

II.1.2. Missions principales

- Assurer une distribution de l'eau potable en continu 24 heures sur 24.
- Formation et transfert de savoir-faire.
- Gérer efficacement le patrimoine.
- Offrir une bonne qualité de service.
- Gestion efficace de la clientèle.
- Qualité et rapidité des travaux.
- Qualité de l'eau.

II.1.3. Lieu et durée du stage

Notre stage a été effectué au département Qualité, structure faisant partie de la DEET (La Direction Exploitation Eau et Travaux), le département a pour mission principale le contrôle de la qualité de l'eau de la ressource, à la production, à la distribution jusqu'au robinet du consommateur.

Le siège se situe à Ain Smara, à la base de vie Hraicha Ammar; où il a été prévu qu'on bénéficie de deux mois de stage. Malheureusement, nous n'avons passé que trois semaines ; notre stage a été suspendu suite au confinement survenu à cause de la pandémie mondiale du Covid 19 (fig5).

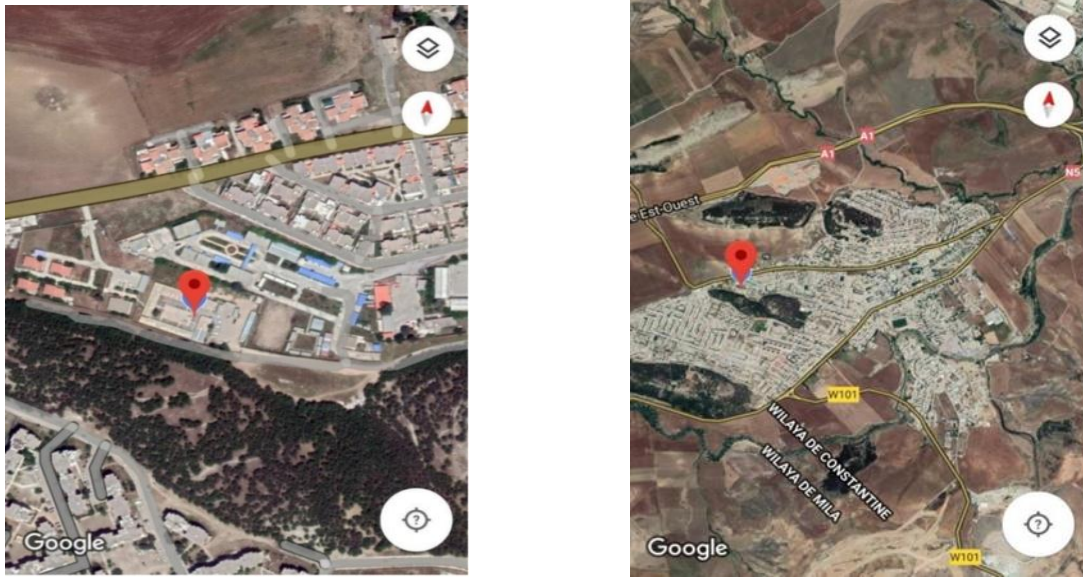


Figure 5 : Images satellitaires du chef-lieu du siège de la SEACO Ain Smara.

Ce département comporte trois services :

a. Service Traitement des Données Analytiques

Ce service est chargé de Contrôler la qualité de l'eau sur le terrain de la ressource, aux stations de traitement et de pompage, aux réservoirs, jusqu'au réseau de distribution.

b. Service d'analyses Physico-chimiques

Il est situé au laboratoire de physico-chimie. Ce service est chargé d'assurer l'analyse physico-chimique de l'eau destinée à la consommation humaine.

c. Service d'analyses Bactériologiques

Il est situé au laboratoire de bactériologie. Ce service est chargé d'assurer le contrôle de la qualité bactériologique de l'eau destinée aux consommateurs.

II.2 Caractéristiques de la zone d'étude

II.2.1 Contexte géographique et géologique de la zone d'étude

Hamma Bouziane est une commune de la wilaya de Constantine, elle se situe dans le Nord-ouest de Constantine à 9KM du chef-lieu de la wilaya, sur une superficie de 71 km², les coordonnées géographiques sont : 36° 24' 43"N, 6° 35' 46" E, et 410 m d'Altitude. Elle est limitée par Didouche Mourad, Beni Hemidan, Ibn Ziad et Messaoud Boudjeriou Son Relief se caractérise d'une façon générale par une surface plate, avec la présence de quelques plient environnantes. Cette région est connue par un micro-climat humide (Gueziri et al, 2015). (Fig6).



Figure 6 : Situation géographique du Hamma Bouziane (Google maps 2018).

II.2.2 Situation des champs captant de Hamma Bouziane

Les sources thermo minérales du Hamma à partir desquelles se sont développés les champs captant de Hammam Zaoui et Aïn Skhouna, qui sont situées dans une petite vallée affluente de celle du Rhumel à quelques kilomètres au nord de Constantine. Cette vallée correspond à une voûte anticlinale effondrée entre les massifs calcaires du Djebel Bergli et du Kellal-Salah (Algérienne des eaux, 2006) (fig 7).

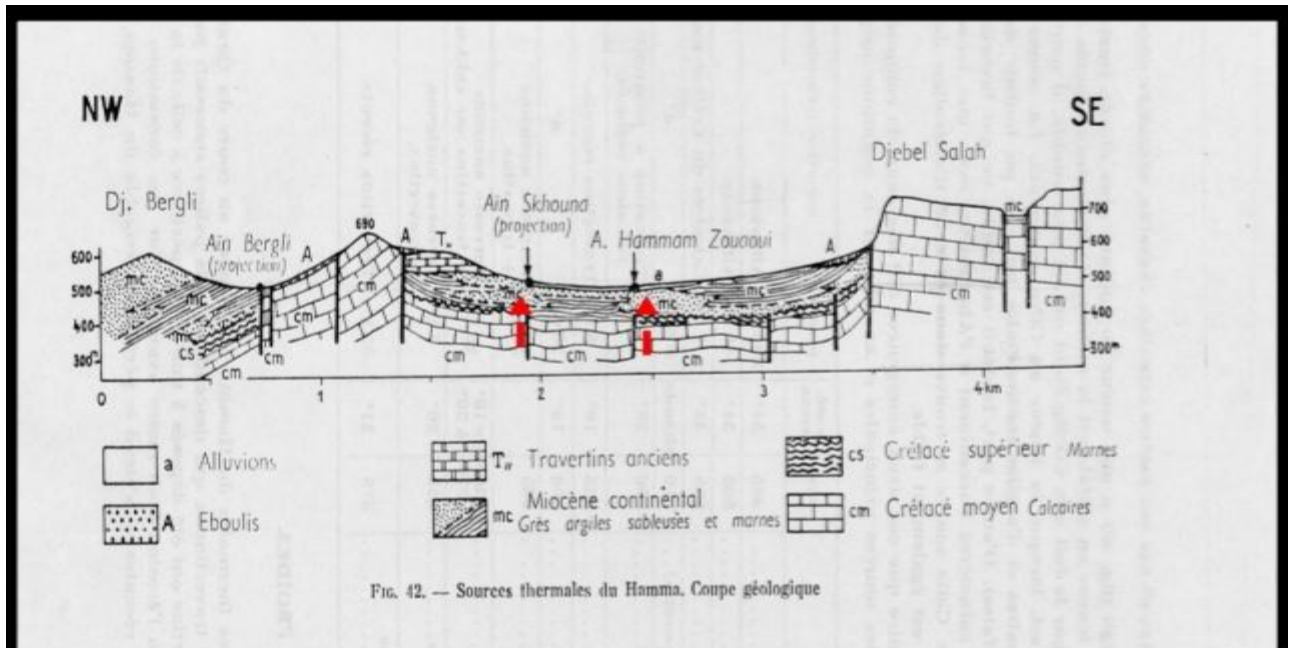


Figure 7 : Coupe géologique du Hamma Bouziane (Algérienne des eaux, 2006).

Ces champs captant alimentent en eau potable les villes suivantes : (fig 8)

- La ville de Constantine à partir du site d'Aïn Hammam Zaoui.
- La ville de Didouche Mourad à partir du site d'Aïn Skhouna.
- La ville de Hamma Bouziane à partir du site du forage F2.
- La ville de Zighoud You sef à partir du site d'Aïn Skhouna. (Algérienne des eaux, 2006).



Figure 8 : Situation des champs captant de Hammam Zaoui et Ain Skhoun (Dumas, 2015).

II.2.3 Cadre climatologique du Hamma Bouzian

Le climat de Hamma Bouziane est chaud et tempéré. La pluie tombe surtout en hiver en moyenne 671 mm par an, avec relativement peu d'averse en été. En moyenne la température est de 16,2 C°. D'une manière générale la saisonnalité est marquée avec des hivers frais et pluvieux et des étés chauds et secs (Dumas, 2015).

II.3 Stage au laboratoire SEACO

A notre arrivée au département Qualité, nous avons reçu des explications concernant les points noirs de l'état de la qualité de l'eau. Parmi ces points, l'état de dégradation de cette dernière qu'il faut toujours surveiller de près (source potentielle d'une éventuelle contamination ou pollution).

En plus la SEACO reçoit quotidiennement diverses réclamations concernant l'eau destinée à la consommation humaine.

Et pour cela, ce laboratoire pratique souvent des enquêtes de sondage d'opinion sur la qualité de l'eau distribuée aux Constantinois. En tenant compte de ces différents points on a pu cibler un support sur lequel notre étude sera basée ; nous avons donc entamé notre travail de terrain par un questionnaire de valorisation de la qualité de cette eau auprès des populations qui sont alimentées à partir de différentes ressources tels que : barrage Béni Haroun, forages de Hamma Bouziane et autres.

Pour réaliser ce sondage, nous avons présenté un imprimé d'enquête (fiche de sondage de la qualité de l'eau) à une soixantaine d'abonnés de différentes localités de la wilaya de Constantine selon le prospectus cité ci-dessous. Les réponses obtenues sont présentées en (Annexe 6).

II.4 Travail sur terrain

Concernant le travail sur terrain des points d'échantillonnage ont été cernés selon un périmètre d'étude proposé par l'agence SEACO. Ces points sont les suivants :

II.4.1 Forage INFRAFER

Ce forage est situé au champ captant Hammam Zaoui à 20 mètres des forage F1,F2, F3... (Le forage est donc alimenté par les eaux du champ captant).Coordonnées Lambert : X= 850.6, Y= 354.1, Z= 480).

Avec un débit moyen d'exploitation de 10 l/s et un débit maximal de 12 l/s, une profondeur de 22 à 23m, une pression de 12 bars et avec un temps d'arrêt de 12h/24h.

II.4.2 Station de Pompage (S.P) Base de vie

Cette station de pompage est située à environ 3 km de trajet, en bas du forage INFRA-FER. Elle assure le pompage vers deux réservoirs de distribution. (fig 9).



Figure 9 : Photo de station de pompage Base de vie.

II.4.3 Réservoir Base de vie

Ce réservoir est d'une capacité de 100 m³, et y est alimenté à partir de la S.P Base de vie (fig 10).



Figure 10 : Photo de Réservoir Base de vie.

II.4.4 Réservoir Gare

Ce réservoir est d'une capacité de 150 m³, il est alimenté à partir de la S.P Base de vie (fig 11).



Figure 11: Photo de Réservoir Gare.

II.4.5 Cité Base de vie :

La cité base de vie est représentée par un réseau de distribution alimenté à partir du réservoir Base de vie qui alimente 04 ruelles composées d'une centaine de domiciles (fig12).

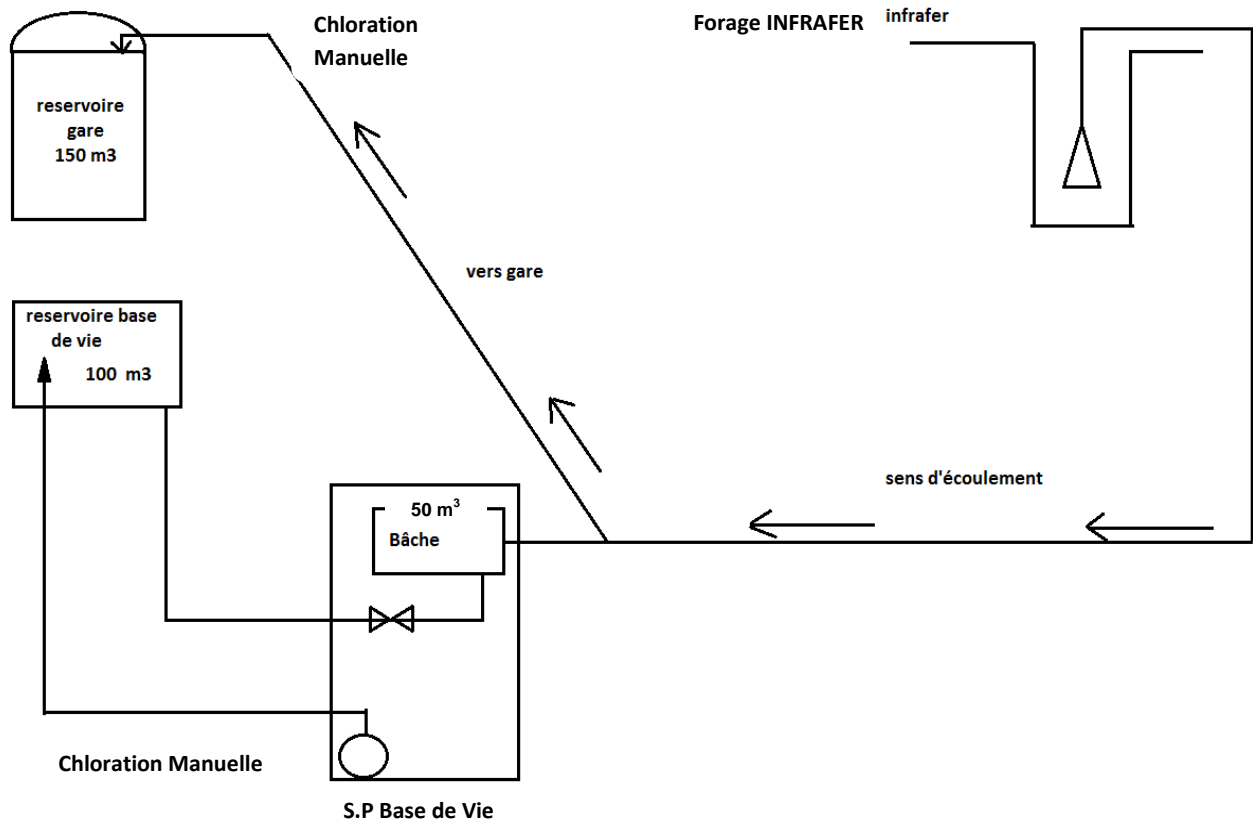


Figure 12: Schéma Synoptique de la chaîne de production et distribution de l'eau du forage INFRAFER.

II.5 Echantillonnage

II.5.1 Choix des sites de prélèvement avec les bonnes pratiques de prélèvement pour l'étude bactériologique

Les points de prélèvement ont été choisis de manière à avoir une image de l'ensemble de la qualité de l'eau de la chaîne de distribution ceci permet de suivre l'évolution de la qualité bactériologique de l'eau tout au long de son parcours. Avec l'application des bonnes pratiques de prélèvement parce que Le prélèvement des échantillons est l'une des étapes les plus importantes pour l'évaluation de la qualité de l'eau. Il est donc essentiel que l'échantillonnage soit effectué avec précaution afin d'éviter toutes les sources possibles de contamination. Pour cela :

- Les échantillons doivent être homogènes, recueillis et conservés dans des flacons en verre blanc pyrex préalablement stérilisés.
- Le volume recueilli doit être suffisant pour effectuer l'analyse bactériologique.

- Les flacons doivent être soigneusement étiquetés, c'est-à-dire comportant : la date et l'heure de prélèvement, le demandeur de l'analyse, le lieu du prélèvement, le motif de la demande d'analyse (analyse initiale ou contrôle périodique, pollution, intoxication, épidémie, etc.) et les usages de l'eau (boisson, fins domestiques, etc (Rodier et *al.* 2009).

II.5.2 Calendrier de prélèvement

Les différents prélèvements des échantillons d'eaux ont été effectués avec l'équipe laboratoire SEACO. Le calendrier de prélèvements est représenté dans le (tableau 1).

Tableau 1 : Calendrier de prélèvement des échantillons d'eaux.

Date	Heure	Température	Climat de la journée	Points de prélèvement	Prélèvement effectué par
26/02/2020	10h à 11h30	16 C°	Nuageux dans l'ensemble.	*Forage infra-fer *Réservoir Base de vie *Réservoir Gare *Réseau de distribution : Cité Base de vie	*Mr Baghdadi. *Mlle Benferdi Manel. *Mlle Benssaadallah Loubna.

II.5.3 Techniques de prélèvement Batériologique

NB : Tous les prélèvements ont été effectués entre 08h et 11h.

Pour tous les prélèvements, nous avons utilisé des flacons en verre de 250 ml propres stériles. Les flacons contenant les échantillons d'eau prélevée ont été marqués et étiquetés. Une fiche d'identification de l'échantillon est aussi remplie par les renseignements nécessaires pour chaque point de collecte (Larpent, 1997).

✓ **Eaux de forage**

Nous avons effectué le prélèvement à partir des points les plus proches de l'émergence du forage.

Au moment du prélèvement, on débouche le flacon et on le lave au moins 2 fois et on le remplit par de l'eau provenant de la direction du flux (en laissant un espace d'air), puis on le rebouche dans les conditions aseptiques requises jusqu'au moment de l'analyse bactériologique (Thierrin et *al*,2001). (fig 13)



Figure 13 : Photo de prélèvement d'échantillons au niveau de forage INFRAFER.

✓ **Eaux de réservoir**

Nous avons utilisé des flacons en verre munis d'un cordon. Au moment du prélèvement, on ouvre le flacon et on l'introduit dans le réservoir à environ 30 cm de profondeur tout en prenant soin de ne pas contaminer l'échantillon. Ensuite on retire le flacon rempli d'eau en laissant un espace d'air d'au moins 2,5 cm. Ensuite, on détache le cordon et on ferme le flacon (Guiraud et Galzy, 1980). (fig 14)



Figure 14: Photo de Prélèvement d'échantillons d'eau au niveau de réservoir Base de vie.

✓ **Réseau de distribution**

Ce type de prélèvement effectuer chez les abonnées, nous avons procédé comme suit : Tout d'abord on a commencé par nettoyer le robinet. Puis, on a ouvert le robinet et laissé couler l'eau pendant 1 à 2 minutes. Ensuite, on recueille l'eau directement dans le flacon stérile tout en laissant un vide d'environ 2,5 cm. Enfin, on referme le flacon aseptiques (fig15).



Figure 15 : photo de prélèvements d'échantillons au niveau du réseau de distribution.

II.5.4 Mesure du taux de chlore sur terrain

La détermination des teneurs en chlore a été effectuée en utilisant un comparateur de chlore de marque CHECKIT®LOVIBOND147040. La méthode est de type colorimétrique consiste à remplir deux tubes avec les échantillons d'eau à analyser. L'un des deux tubes est traité avec la N,N-diéthyl-1,4-phénylène-diamine (DPD1, 0.1-2 mg/l Cl_2), l'autre sert de témoin.

Le disque du comparateur est insérer face au tube témoin, ainsi les filtres colorés se superposent avec le tube témoin. En tournant le disque (jusqu'à obtenir la même couleur que le tube traité) on peut lire directement la concentration en mg/l du chlore total (Mostefaoui et Toutaoui, 2018).(fig 16)



Figure 16 : Photo de comparateur de Chlore- LOVIBOND147040.

II.5.5 Transport et conservation des échantillons

Après les prélèvements, les flacons contenant les échantillons d'eaux prélevés lisiblement étiquetés sont acheminés dans une glacière de 4 à 6 °C au laboratoire de SEACO accompagnés d'une note portant tous les renseignements nécessaires (Aminot et Chaussepied, 1983).

Toutes les analyses sont effectuées le plus rapidement possible et cela selon la circulaire du 21 janvier 1960, relative aux méthodes d'analyses bactériologiques des eaux d'alimentation (Rodier et *al*, 2009).

II.6 dosage au laboratoire

Les organismes pathogènes présent dans l'eau sont très nombreux et très variés et ne peuvent donc pas faire l'objet d'une recherche spécifique. De plus leur identification est très difficile voire impossible dans le cas des virus car leur durée de vie peut être très courte.

Pour ces différentes raisons, il est préalable de rechercher des germes qui sont toujours présents en grand nombre dans la matière fécale des hommes et des animaux à sang chaud et qui se maintiennent plus facilement dans le milieu extérieur.

On parle alors des: Germes totaux, Coliformes totaux, Coliformes fécaux, Streptocoques fécaux et *Clostridium* sulfite-réducteurs.

Avant de procéder aux opérations analytiques, il est essentiel que toutes les dispositions soient prises, telles que l'homogénéisation au moment du dosage (Rodier et *al*, 2005).

II.6.1. Analyse Bactériologique :

La caractéristique essentielle d'une analyse bactériologique, c'est qu'elle doit se faire dans un milieu d'asepsie (absence totale de micro-organismes). C'est-à-dire que tous les éléments ayant une influence directe sur le déroulement de l'analyse doivent être préalablement contrôlés ; soit l'air ambiant, la paille, les milieux de culture, le flaconnage et le matériel (Ladjel, 2013).

II.6.1.1. Analyse complète

Cette analyse se compose de 3 paramètres ; comme suit :

- Recherche des coliformes totaux + E. coli sur l'eau de forage et le réservoir et le réseau de distribution.

- Recherche des streptocoques sur l'eau de forage et l'eau de réservoir.
- Recherche des spores « Clostridium Sulfite-réducteurs » sur l'eau de forage et l'eau de réservoir.

➤ **Détecter et dénombrer les coliformes et les coliformes fécaux**

Cette méthode peut détecter la présence de coliformes totaux et E. coli dans des échantillons d'eau. Bien qu'E. coli soit utilisée comme un indicateur de la présence éventuelle de micro-organismes qui causent des maladies, tandis que les coliformes totaux indique par leur présence une pollution organique.

➤ **Incorporation à la gélose et incubation**

- On porte au bain-marie bouillant les flacons contenant la gélose jusqu'à fusion du milieu. Ensuite, on refroidit à 45 °C.
- On coule la gélose aseptiquement dans chaque boîte, on agite doucement par des mouvements circulaires pour assurer un mélange homogène de l'eau et de la gélose, sans faire de bulles et sans mouiller les bords de la boîte.
- Le milieu doit être coulé 10 minutes au plus tard après répartition de l'eau à analyser.
- On laisse refroidir sur une surface parfaitement horizontale et fraîche.
- Les boîtesensemencées avec chacune des différentes dilutions d'eau sont incubées dans une étuve à 37 °C pendant 72 heures (tableau 2).

Tableau 2 : Mode opératoire de coliformes et les coliformes fécaux.

Matériels et réactifs	Mode opératoire
<ul style="list-style-type: none"> -Une rampe de filtration (entonnoir 100ml). -Pompe à vide. -Filtres à membrane de (0,45um). -Bec Bunsen. -Boîtes de pétri. -Milieu de culture CCA. -Flacons d'échantillons. -Incubateur. 	<ul style="list-style-type: none"> -Allumez le bec bunsen. -Flamber la surface du support microfilm pondent 3 à 5 secondes en insistant particulièrement sur le bord extérieur. -Stériliser la pince chaque utilisation. -Placer la membrane (quadrillage vers le haut) Au centre du support, et fermer bien l'entonnoir. - Après une bonne agitation, verser l'échantillon, filtrer sous vide. -La filtration commence lorsque la pompe à vide est mise en marche et que la vanne du support est ouverte dès que le filtre parait sec, la vanne à vide du support est fermée, l'entonnoir est retiré . - Placer la membrane dans la boite de pétri (numéro identique à celui du flacon de l'échantillon) contenant un milieu solide (quadrillage vers le haut) -Le filtre est alors transféré dans le milieu gélosé utilisé (CCA) (fig 17). - L'échantillon préparé est incubé à 37°C pendent 24 hour.

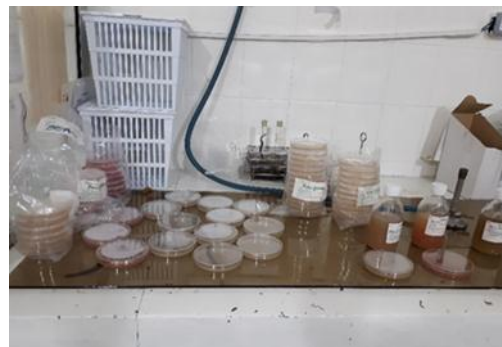


Figure 17 : Photos de mode opératoire des coliformes et les coliformes fécaux.

➤ Dénombrement des colonies bactériologiques

Après la période d'incubation spécifiée, dénombrer les colonies caractéristiques qui se présentent sous forme de petites colonies lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentés ou en jaune oranges ou en jaune (lactose positive).

L'unité est alors exprimée en UFC/ml, c'est-à-dire unité formant la colonie par unité de volume.

➤ Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

Cette méthode consiste à détection de signal et le dénombrement des entérocoques intestinaux, ou encore streptocoques fécaux dans l'eau destinée à la consommation humaine.

La recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux se fait par deux tests :

- le test présomptif sur le milieu solide Slanetz.

- le test confirmatif sur le milieu BEA.

L'incubation se fait à 37 °C pendant 24h à 48h. La présence des streptocoques fécaux se manifeste par l'apparition des colonies rouge, marron et rose et éventuellement par la formation des colonies noirâtre dans les boîtes de pétri après le repiquage. Peuvent être limitées à leur centre ou à leur périphérie par une zone plus claire (tableau 3).

Tableau 3 : Mode opératoire de streptocoques fécaux.

Matériels et réactifs	Mode opératoire
<ul style="list-style-type: none"> -Une rampe de filtration (entonnoir 100ml) -Pompe à vide -Filtres à membrane de (0,45um) -Bec Bunsen -Boites de pétri -Milieu de culture Slanetz. -Milieu de repiquage BEA. - pince. - Flacon d'échantillon. - Incubateur. 	<p>Le teste présomptif</p> <ul style="list-style-type: none"> - allumez le bec bunsen. -flamber la surface du support microfilm pondent 3à 5 secondes en insistant particulièrement sur le bord extérieur. -stériliser la pince chaque utilisation. -placer la membrane (quadrillage vers le haut) Au centre du support. -fermer bien l'entonnoir. - après une bonne agitation, verser l'échantillon, filtrer sous vide. -la filtration commence lorsque la pompe à vide est mise marche et que la vanne du support est ouverte dès que le filtre parait sec ,la vanne à vide du support est fermée ,l'entonnoir est retiré . - placer la membrane dans la boite de pétri (numéro de la boite pétré le même numéro de flacon de l'échantillon) contenant un milieu solide (quadrillage vers le haut) -le filtre est alors transféré dans le milieu gélosé utilisé (Slanetz). -Incuber les boites de pétri à 37 °C pendant 24 à 48 heures. <p>Les boites présentant une colonie pendant cette période seront considérés comme susceptibles de contenir un streptocoque fécal, ils seront obligatoirement soumis au test confirmatif.</p> <p>Le test confirmatif</p> <ul style="list-style-type: none"> -Chaque Boite de Slanetz trouvé positif lors du test de présomption e, la boite fera l'objet d'un repiquage à l'aide de milieu BEA, l'incubation se fait à 44 °C, pendant 2 h. -Tous les boites de pétri présentant une colonie noirâtre et un jaunissement sont considérés comme positif (fig 18).



Figure 18 : Photos de mode opératoire des streptocoques fécaux.

➤ **Lecture et expression des résultats**

Le dénombrement s’effectue en tenant compte les boites de pétri positifs (présence des colonies). Pour obtenir le nombre de streptocoques fécaux présent dans 100 ml d'eau à analyser.

NB : Dans les modes opératoires présidentes les boitesensemencées sont retournées et disposées dans un incubateur.

➤ **Recherche et dénombrement des *Clostridium-sulfito* réducteur**

La recherche et le dénombrement des *Clostridium-sulfito* réducteurs s’effectuent en utilisant la méthode par incorporation en gélose Viande-foie (tableau 4).

Les ASR se développant en 24 à 48 heures sur une gélose viande-foie (VF) en donnant des colonies typiques réduisant le sulfite de sodium qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de Fe²⁺ donne FeS (sulfure de fer) de couleur noire. Les spores des ASR constituent généralement des indices de contamination ancienne.

Tableau 4 : Mode opératoire de *Clostridium-sulfito* réducteur.

Matériels et réactifs	Mode opératoire
-Bain marie -Bec Bunsen -Tubes à essai -Milieu de culture viande-foie, -Flacons d’échantillons. -Incubateur.	•Après l'avoir homogénéisé soigneusement l’échantillon de 10 ml d'eau est introduit dans un tube stérile, ce dernier est placé au bain marie à 80°C pendant 10 minutes, puis refroidi rapidement sous l'eau du robinet dans le but de détruire toutes formes végétatives des ASR éventuellement présentes, ensuite répartir le contenu de ce tube dans 4 tubes stériles, à raison de 1ml par tube.

•Préparation du milieu

On place le flacon du milieu Viande-foie au bain marie bouillant pour assurer la fusion du milieu (régénération du milieu) et l'élimination des gaz dissous. Puis, on le refroidit à environ 45°C par passage sous l'eau du robinet. Le milieu est ainsi prêt à l'emploi.

•Inoculation et incubation,

- Répartir l'eau traitée dans 4 tubes stériles, à raison de 1 ml par tube (fig 19).
- Couler dans chacun d'eux 20 ml de gélose VF, additionnée de 20 gouttes (1ml) de la solution de sulfite de sodium et 4 gouttes de la solution d'alun de fer.
- Enfin, homogénéiser le contenu doucement sans incorporer de bulles d'air ; Laisser solidifier sur la paillasse pendant 30 minutes environ, puis incubé à 37°C pendant 24 à 48 h.



Figure 19 : Photos de mode opératoire de Clostridium-sulfite réducteur.

➤Lecture et expression des résultats

Une première lecture est effectuée après incubation à 37 °C pendant 24 h et une deuxième après 48 h.

Il est indispensable de procéder à une lecture dès les premiers 24 h au moment de la présence de nombreuses colonies, car une diffusion des halos peut conduire à une coloration noire uniforme du tube et tout dénombrement devient impossible au bout de 48 h. Par contre, s'il y a une faible quantité de colonies à la première lecture, et si les colonies sont petites, il peut y avoir un développement de nouvelles colonies dans les 24 heures suivantes.

On considère comme résultant d'une spore de bactérie anaérobie sulfite-réductrice toute colonie entourée d'un halo noir. L'expression du résultat est en nombre de spore par 1 ml d'eau à analyser.

II.6.1.2 Analyse partielle

Recherche et numération des coliformes avec identification des E-coli sur l'eau de réseau de distribution (la méthode de la rampe de filtration).

Chapitre 3

Résultats et discussions

3.1. Résultats du sondage des consommateurs sur la qualité de l'eau de robinet

À partir du sondage effectué sur 50 abonnés, les statistiques ont révélé ce qui suit :

Sur les 18 abonnés qui consomment l'eau du barrage de Beni Haroun, les 22 abonnés qui consomment l'eau des différents forages de Hamma Bouziane et les 10 abonnés qui consomment l'eau des autres sources, les résultats sont les suivants. En ce qui concerne les consommateurs de l'eau du Barrage, 66.66% des abonnés pensent que l'eau distribuée est de bonne qualité organoleptique. Par contre 22.22% disent que la qualité de l'eau est mauvaise car ils sentent l'odeur de l'eau de javel et le goût est fade. Le reste des consommateurs admet que l'eau est de qualité acceptable. En ce qui concerne les consommateurs de l'eau des forages Ain Sekhouna et Hammam Zaoui:

23% des abonnés indiquent que l'eau distribuée est acceptable et 77% pensent qu'elle est mauvaise.

Les citoyens de la commune Hamma Bouziane habitant aux cités Djelloulia, Ghomriene , Base de vie , Labyadi et de la commune Zighoud Youssef (cité El Fadj, cité Mouhamed Boudiaf), alimentés tous à partir des forages Ain Sekhouna et Hammam Zaoui se plaignent de la mauvaise qualité de l'eau ; parfois une forte odeur d'eau de javel ou un goût fade et des fois même l'odeur d'eaux usées, ou encore d'autres qui reçoivent l'eau mélangée avec du sable. Certains abonnés avaient des symptômes de diarrhée plus des douleurs à l'estomac juste après l'utilisation de l'eau de robinet comme eau de boisson. Pour ces raisons les abonnés s'abstiennent à consommer cette eau et la remplacent par de l'eau minérale ou de source.

En dernier pour les consommateurs de l'eau de source , 87% des abonnés croient que l'eau distribuée est de bonne qualité organoleptique. Par contre 5% disent que sa qualité de l'eau est mauvaise. Le reste des consommateurs croient sa qualité est acceptable.

Finalement ce sondage effectué était le précurseur de notre travail sur terrain, c'est-à-dire choix des points d'échantillonnage.

3.2. Teneurs en Chlore Résiduel

Les variations des teneurs en chlore des eaux sont représentées dans le tableau 5 et les figures 21 et 22

*Notant que, nous avons récupéré les résultats du mois de Mars jusqu'au mois de Mai 2020.

Les résultats des différentes analyses sont comparés avec les normes algériennes.

Tableau 5 : Taux de Chlore dans les différents réservoirs

Taux de chlore résiduel					
Date de prélèvement	26/02/202	13/03/202	29/04/202	10/05/202	Norme Algérienne
Lieu	0	0	0	0	
Réservoir Base de vie	0.0	0.8	0.0	0.7	0.4 - 1.0 mg/l
Réservoir Gare	0.4	1.0	0.4	0.4	0.4 - 1.0 mg/l
Abonné 1	0.0	/	/	0.2	0.2 - 0.6 mg/l
Abonné 2	0.0	/	/	0.3	0.2 - 0.6 mg/l
Abonné 3	0.0	/	/	0.6	0.2 - 0.6 mg/l
Abonné 4	0.0	/	/	0.5	0.2 - 0.6 mg/l
Abonné 5	0.0	/	/	0.2	0.2 - 0.6 mg/l
Abonné 6	0.0	/	/	0.6	0.2 - 0.6 mg/l
Abonné 7	0.0	/	/	0.4	0.2 - 0.6 mg/l
Abonné 8	0.0	/	/	0.5	0.2 - 0.6 mg/l
Abonné 9	0.0	/	/	0.5	0.2 - 0.6 mg/l

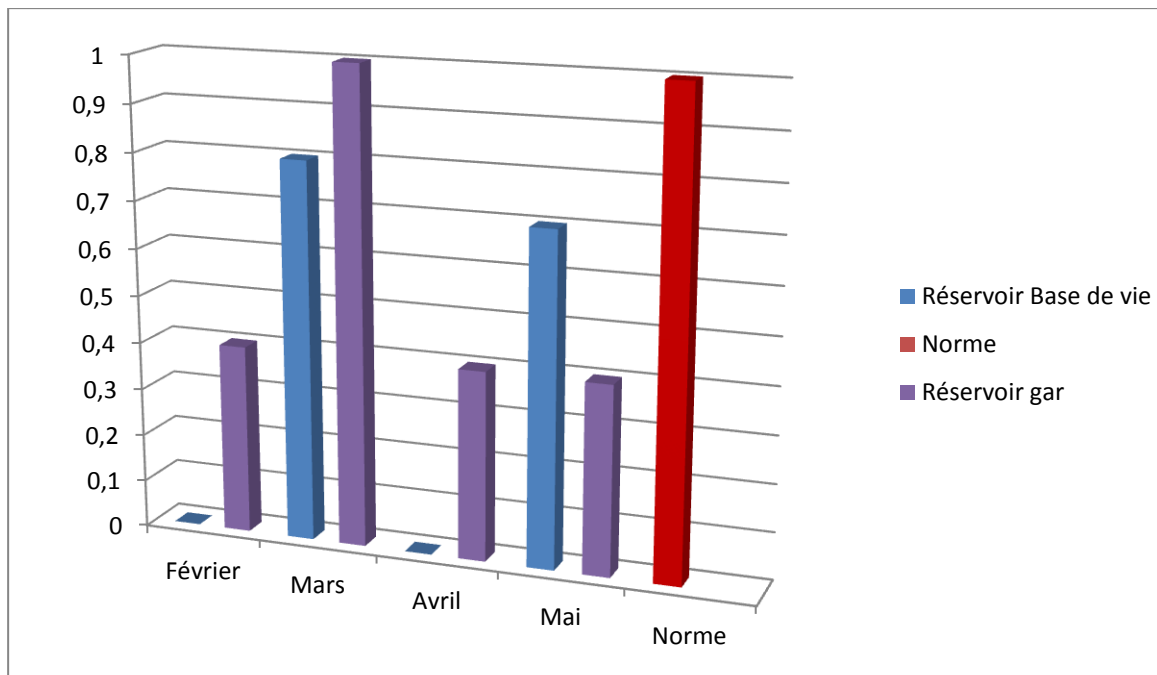


Figure 20 : Variation du taux de Chlore libre au niveau des réservoirs de distribution par rapport aux normes.

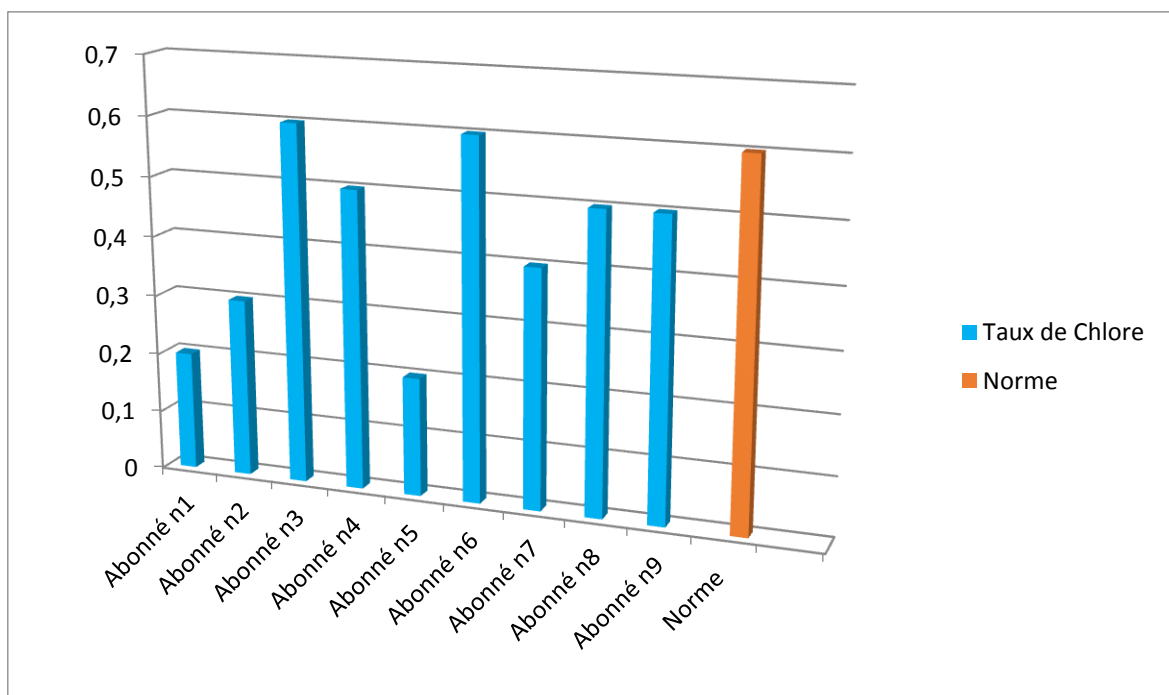


Figure 21 : Variation du taux de Chlore libre au niveau du réseau de distribution Base de vie.

D’après ces résultats (tableau 5 et figures 20 et 21) on remarque durant le mois de février une absence de chlore dans le réseau lié au réservoir Base de vie (0mg/l), non conforme pour assurer une bonne désinfection de l’eau consommée par l’abonné car le taux de

chloration exigé est de 0.2-0.6 mg/l (norme Algérienne). Cette eau peut provoquer des maladies à transmissions hydrique.

Durant le mois de mai les points du réseau de la cité Base de vie représentent un taux de chlore satisfaisant et conforme aux normes algériennes (0.2-0.6mg/l) assurant une bonne désinfection de l'eau consommée. Cette présence de chlore indique une absence de germes pathogènes démontrant ainsi une bonne efficacité du traitement.

Il est important de le signaler que durant le les mois de Mars et de Mai il y a eu un ajout de chlore assuré manuellement au niveau de réservoir Base de vie avec des taux de 0.8 mg/l (mois de mars) et 0.7 mg/l (mois de mai) ces deux taux sont conformes à la norme (Algérienne).

Ce même procédé a été effectués sur le réservoir Gare et les taux mesurés durant les quatre mois sont conformes aux normes Algérienne et assurent une eau de bonne qualité.

D'après ces résultats on conclue que la présence de chlore libre est très importante dans le maintien de la qualité de l'eau distribuée.

Le chlore est un produit chimique qui est employé pour désinfecter l'eau avant de la mettre dans le système de distribution. Il est employé pour s'assurer de la qualité de l'eau depuis la source jusqu'au point de consommation.

Par conséquent, il est important de s'assurer qu'il y a assez de chlore pour désinfecter efficacement même les extrémités du système de distribution. La chloration peut tuer beaucoup de micro-organismes pathogènes tels que l'*E.Coli*, mais d'autres, comme le *Cryptosporidium* et le *Giardia*, sont très résistantes au chlore et exigent d'autres mesures afin de les éliminer correctement.

3.3. Résultats de l'analyse bactériologique :

Tableau 6 : Valeurs mesurées des différents paramètres bactériologiques étudiés de l'eau du forage, des réservoirs et différents points de réseau de distribution

Lieu de prélèvement	Date de prélèvement	Taux de Cl	C.T nufc/100ml	C.F Ecoli/100ml	S.F Sf/100ml	S.P Sp/100ml
Forage INFRAFER	26/02/2020	/	10ufc/100ml	00 Ecoli/100ml	10Sf/100ml	Indénombable
Réservoir gare	26/02/2020	0.4	00ufc/100ml	00 Ecoli/100ml	00Sf/100ml	00Sp/100ml
Réservoir base de vie	26/02/2020	0	1ufc/100ml	1 Ecoli/100ml	2Sf/100ml	00Sp/100ml
Abonné N°1	26/02/2020	0	1ufc/100ml	1 Ecoli/100ml	/	/
Abonné N°2	26/02/2020	0	4ufc/100ml	3 Ecoli/100ml	/	/
Abonné N°3	26/02/2020	0	3ufc/100ml	2 Ecoli/100ml	/	/
Abonné N°4	26/02/2020	0	3ufc/100ml	1 Ecoli/100ml	/	/
Abonné N°5	26/02/2020	0	1ufc/100ml	1 Ecoli/100ml	/	/
Abonné N°6	26/02/2020	0	3ufc/100ml	3 Ecoli/100ml	/	/
Abonné N°7	26/02/2020	0	2ufc/100ml	1 Ecoli/100ml	/	/
Abonné N°8	26/02/2020	0	3ufc/100ml	1 Ecoli/100ml	/	/
Abonné N°9	26/02/2020	0	1ufc/ml	1Ecoli/100ml	/	/
Réservoir gare	13/03/2020	1	00ufc/100ml	00 Ecoli/100ml	00Sf/100ml	00Sp/100ml
Réservoir base de vie	13/03/2020	0.8	00ufc/100ml	00 Ecoli/100ml	00Sf/100ml	00Sp/100ml
Réservoir gare	29/04/2020	0.4	00ufc/100ml	00 Ecoli/100ml	00Sf/100ml	00Sp/100ml
Réservoir base de vie	29/04/2020	0	56ufc/100ml	13 Ecoli/100ml	00Sf/100ml	00Sp/100ml
Réservoir gare	10/05/2020	0.4	00ufc/100ml	00 Ecoli/100ml	00Sf/100ml	00Sp/100ml
Réservoir base de vie	10/05/2020	0.7	00ufc/100ml	00 Ecoli/100ml	00Sf/100ml	00Sp/100ml

L'analyse bactériologique permet de mettre en évidence la pollution fécale de l'eau. Les organismes pathogènes sont très nombreux et très variés et ne peuvent donc faire l'objet que d'une seule recherche spécifique. De plus leur identification est très difficile voire impossible dans le cas des virus car leur durée de vie peut être très courte. Pour ces différentes raisons, il est préalable de rechercher des germes qui sont toujours présents en grand nombre dans la matière fécale des hommes et des animaux à sang chaud, qui se maintiennent plus facilement dans le milieu extérieur et qui sont : les Coliformes totaux, les Coliformes fécaux, les Streptocoques fécaux et les Clostridium sulfito-réducteurs .

3.3.1. Coliformes totaux

Ce groupe hétérogène de coliforme appartient à la famille des entérobactéries et comprend plusieurs genres bactériens qui représentent la flore intestinale normale. Cependant, la plupart des espèces se retrouvent aussi naturellement dans le sol, la végétation et aussi dans l'eau. De ce fait, cette analyse n'est pas considérée comme un indicateur de contamination fécale ou de risque sanitaire. La présence de coliformes totaux dans les eaux souterraines peut avoir plusieurs significations dont la croissance bactérienne et une déficience ou une absence de traitement (.Bengarnia, 2016).

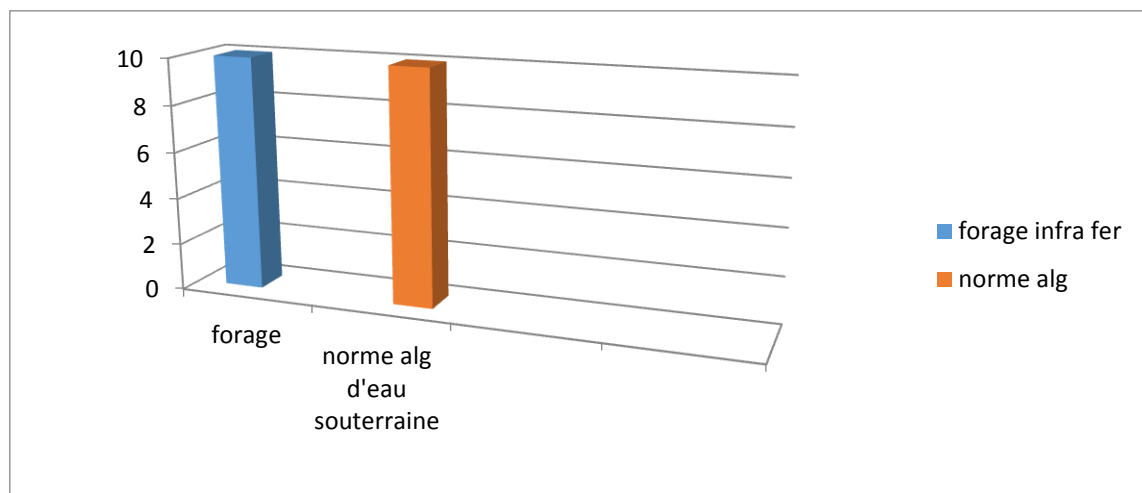


Figure 22 : Comparaison du nombre de coliformes totaux (n germs /100ml) dans le forage INFRAFER avec la norme algérienne d'eau souterraine.

Selon le tableau (6) la figure (22), le nombre de coliformes totaux dans le forage INFRAFER est de 10 UFC/100ml. Ce taux est inacceptable comparé aux normes définies dans l'arrêté du 19 juin 2011 (journal officiel de la république algérienne N°34) relative aux limites et références des eaux souterraines (< 10UFC/100ML) (annexe N°5).

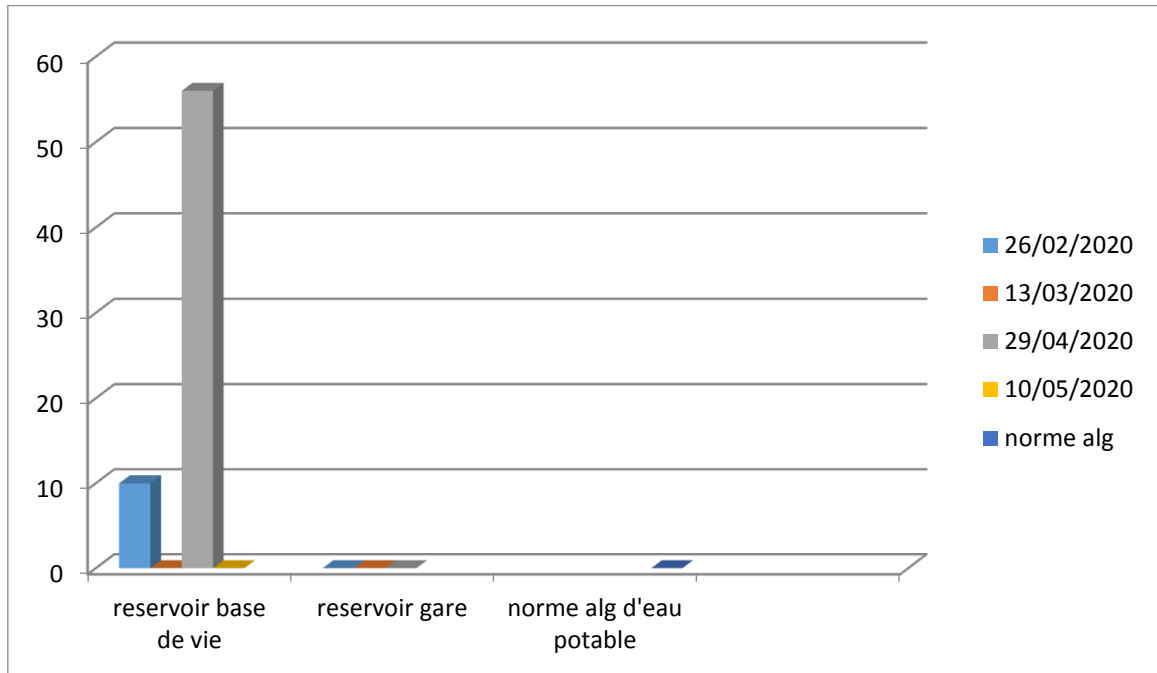


Figure 23 : Comparaison avec les normes algériennes du nombre de coliformes totaux dans le reservoir Base de Vie et Gare

Dans le réservoir Base de Vie, les résultats montrent (tableau 6 et figure 23), que le nombre de coliformes totaux pendant le 1^{er} et le 3^{ème} prélèvement, sont de 1 UFC/100ml et 56UFC/100ml, dépassant les normes applicables définies dans l’arrêté du 9 mars 2014 (Journal Officiel N°13) relative aux limites et références des eaux destinées à la consommation) (annexe 4).

Par contre, on constate une absence des coliformes totaux dans le réservoir Base de vie pendant le 2^{ème} et le 4^{ème} prélèvement (00 UFC/100), ces résultats sont conforme aux normes Algérienne d’eau potable (00 UFC/100ml).

Pour le réservoir Gare on remarque une absence totale de coliformes totaux pendant la période des prélèvements (00 UFC/100 ml), ceci est conforme avec les normes Algérienne d’eau potable (00 UFC/100ml).

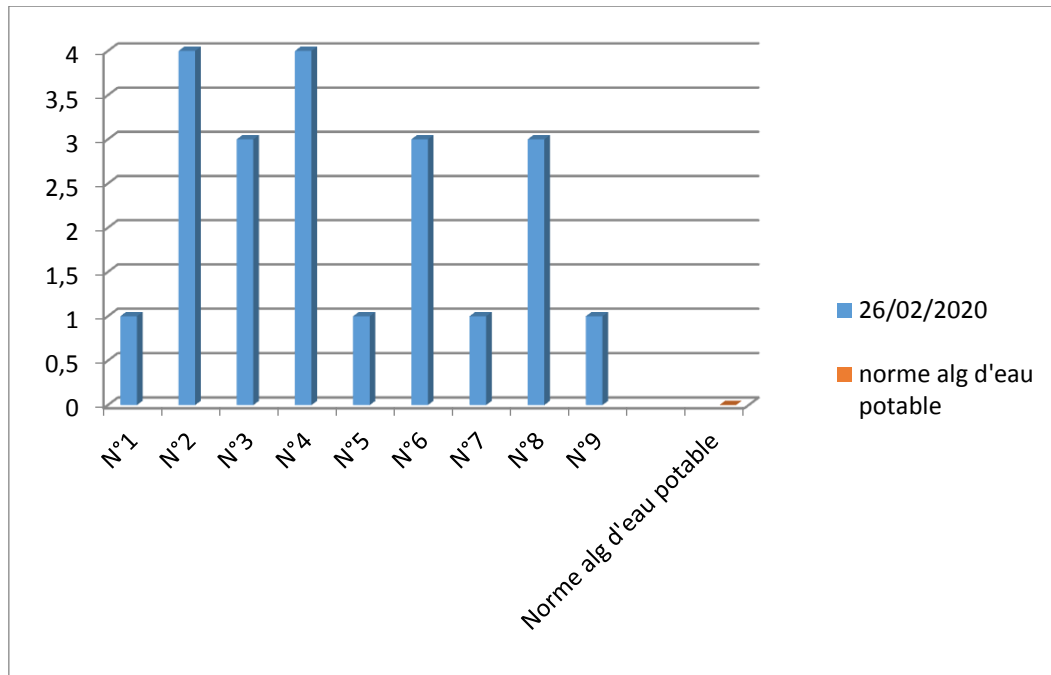


Figure 24 : Variation du nombre de coliformes totaux dans les points de reseau de distribution

Selon le tableau (6) et la figure (24), au niveau des différents points du réseau de distribution choisi pour cette étude, le nombre de coliformes totaux varie entre (1ufc/100ml et 4ufc/100ml), ces résultats sont au dessus de la norme algérienne d'eau potable (00germes/100ml).

On peut déduire d'après les résultats que le nombre élevé des Coliformes totaux dans le forage INFRAFER peut être traduit par la croissance d'espèce anaérobie mésophile .

Aussi leur présence dans le réservoir Base de vie et les points de réseau pendant le 1^{er} et le 3^{eme} prélèvement indiquent l'absence de traitement par chloration (0.0 mg/l).

Par contre, l'absence des coliformes totaux dans le réservoir Base de vie et les points de Réseau pendant le 2^{eme} et le 4^{eme} prélèvement ce traduit par l'efficacité du traitement (0.4mg/l et 0.8mg/l) (tableau 6).

En dernier, l'absence des coliformes totaux dans le réservoir Gare pendant la durée des prélèvements ce traduit par l'efficacité du traitement (0.4mg/l).

3.3.2. Coliformes fécaux (C.F)

La présence des coliformes fécaux thermo-tolérants, démontre l'existence d'une contamination fécale d'une eau OMS (2004), énoncée par la présence d'*Escherichia coli*, indiquant ainsi une pollution fécale récente.

Tout en sachant qu'*Escherichia coli*, est une espèce des Entérobactéries thermo-tolérantes capable de dégrader le Tryptophane en indole. Elle est considérée comme germe

dominant de la flore intestinale des animaux à sang chaud et en particulier les humains, et représente 1 % de la biomasse Microbienne [8].

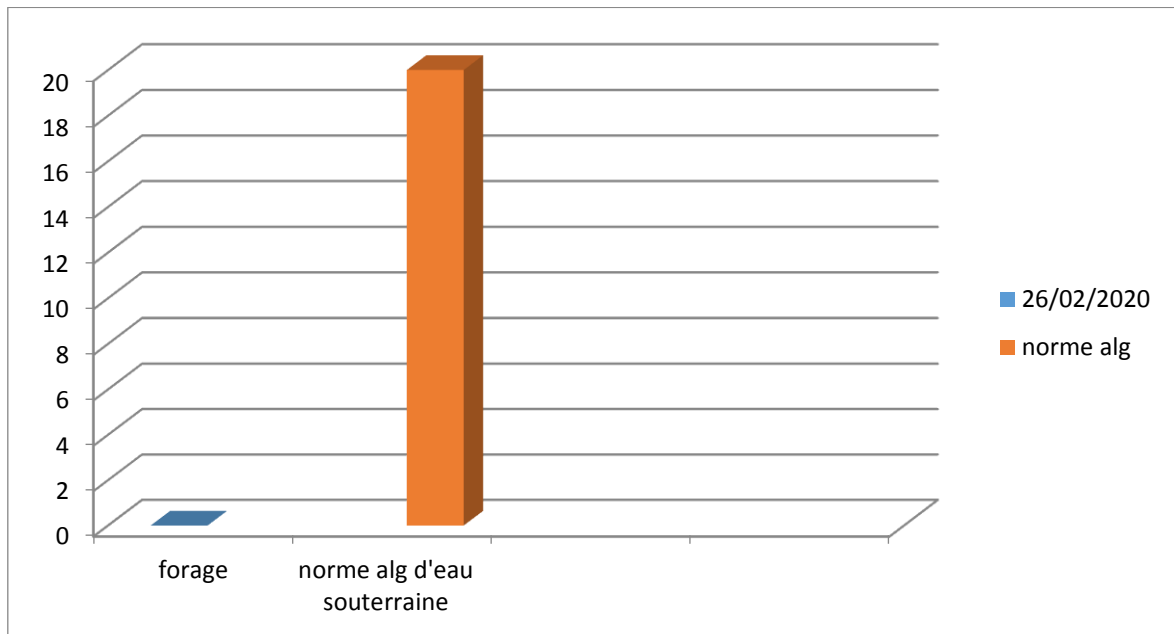


Figure 25 : Comparaison du nombre de coliformes fécaux en n *E.coli* /100ml dans le forage INFRA FER avec la norme algérienne d'eau souterraine.

Selon le tableau (6) et la figure (25), le nombre de coliformes fécaux dans le forage INFRA FER est de 00ufc/100ml, ce taux est acceptable en comparaison avec les normes applicables définies dans l'arrête du 19 juin 2011 (Journal officiel N°34) (voir annexe N°5).

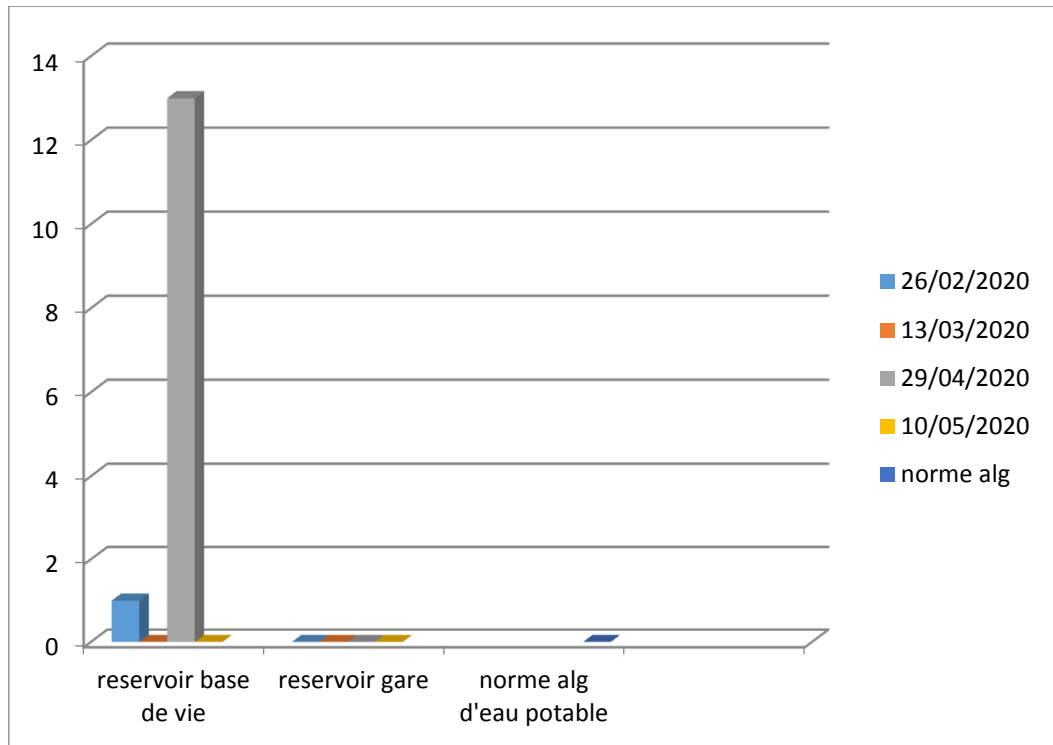


Figure 26 : Variation du nombre de coliformes fécaux dans le reservoir Base de vie

Le tableau (6) et la figure (26) démontrent que le nombre de coliformes fécaux dans le réservoir Base de vie pendant le 1^{er} et le 3^{eme} prélèvement est de 1/1 *E.coli*/100ml et 13 *E.coli*/100ml), taux supérieurs aux normes applicables définies dans l’arrête du 9 mars 2014 (Journal Officiel N°13) relative aux limites et références des eaux destinées à la consommation (voire l’annexe 4).

Par contre on remarque une absence de Coliformes fécaux dans le réservoir pendant le 2^{eme} et le 4^{eme} prélèvement (00*Ecoli*/100), ces résultats sont conformes aux normes Algériennes d’eau potable (00*Ecoli*/100ml).

Même constatation d’absence de coliformes fécaux au niveau du réservoir Gare pendant toute la durée des prélèvements (00*Ecoli*/100)..

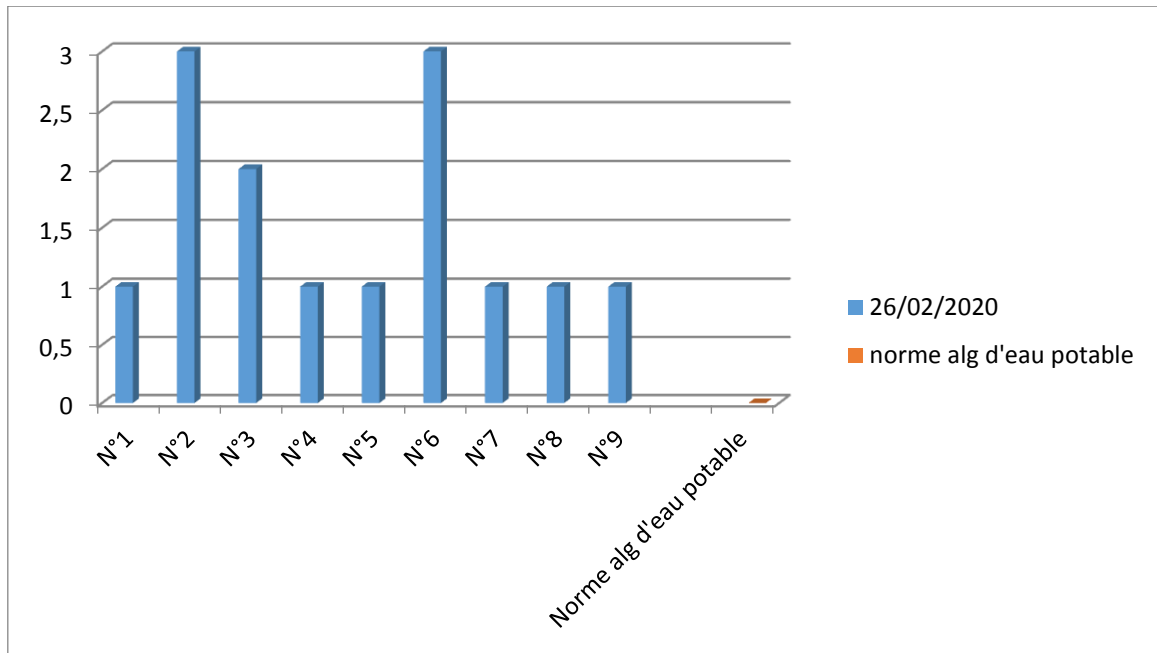


Figure 27 : Comparaison de la variation du nombre de coliformes fécaux dans les poits de reseau de distribution .

Selon la figure (27), les différents points de réseau de distribution choisis pour notre étude, ont démontré un nombre de coliformes fécaux qui varie entre 1*E.coli*/100ml et 3*E.coli*/100ml. Ces résultats ne sont pas conformes aux normes Algérienne d'eau potable (*E. coli*/100ml).

D'après ces résultats, le forage INFRA FER ne représente aucune contamination fécale.

Le dénombrement élevé des coliformes fécaux dans le réservoir Base de vie et les point de Réseau pendant le 1^{er} et le 3^{eme} prélèvement traduit la présence d'une pollution fécale, a cause de l'absence de traitement (la teneur de chlore égale à 0.0mg/l).

L'absence des coliformes fécaux dans le réservoir Base de vie et les points de Réseau pendant le 2^{eme} et le 4^{eme} prélèvement ce traduit par l'absence d'une pollution fécale démontrant ainsi l'efficacité du traitement par chloration (0.4 et 0.8 mg/l).

Et enfin, l'absence des coliformes fécaux dans le réservoir Gare pendant la période de prélèvement ce traduit par l'absence d'une pollution fécale, et l'efficacité de la chloration (0.4 mg /l).

3.3.3. Streptocoques Fécaux (SF)

D'après Sersoub (2012), les Streptocoques fécaux sont des aérobies-anaérobies facultatifs faisant partie des indicateurs de contamination fécale mais plus résistants dans le milieu extérieur que les coliformes.ils sont éliminés dans les excréments des animaux

dans les pâturages à la surface du sol, puis transportés à travers le Sol dans les eaux des rivières, les lacs et les eaux souterraines (Hamaidi, 2009).

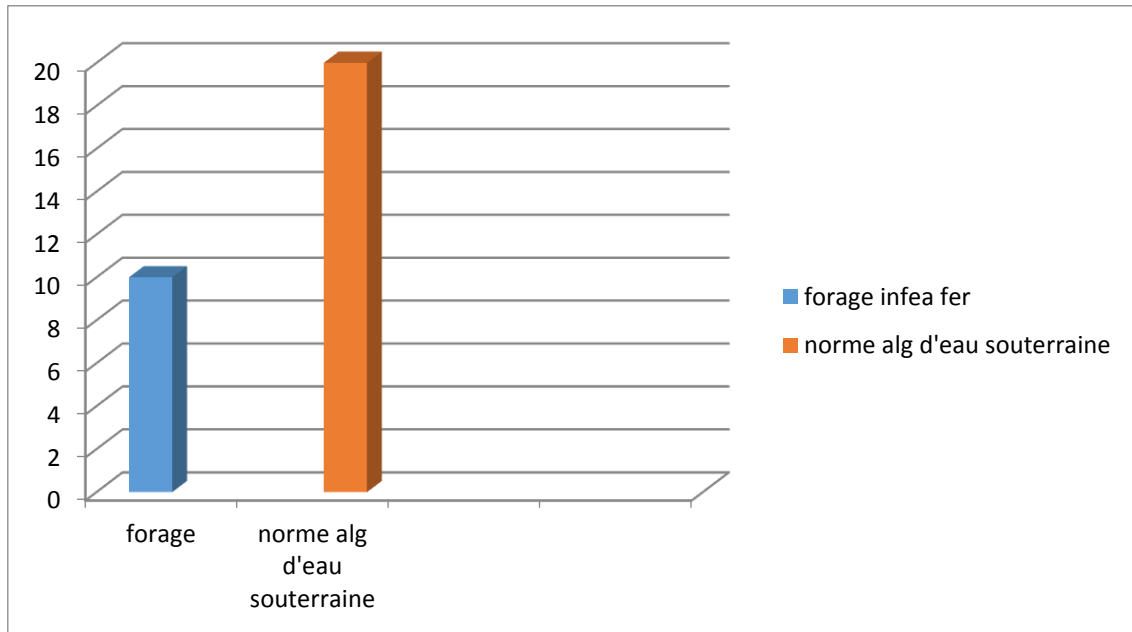


Figure 28 : Comparaison du nombre de Streptocoques fécaux en n S.F/100ml dans le forage INFRAFER avec la norme algérienne d’eau souterraine. Selon le tableau (6) et la figure (28), le nombre de streptocoques fécaux dans le forage INFRAFER est de 10s.f/100ml, acceptable par rapport aux normes applicables (Journal Officiel N°34) (annexe N°5).

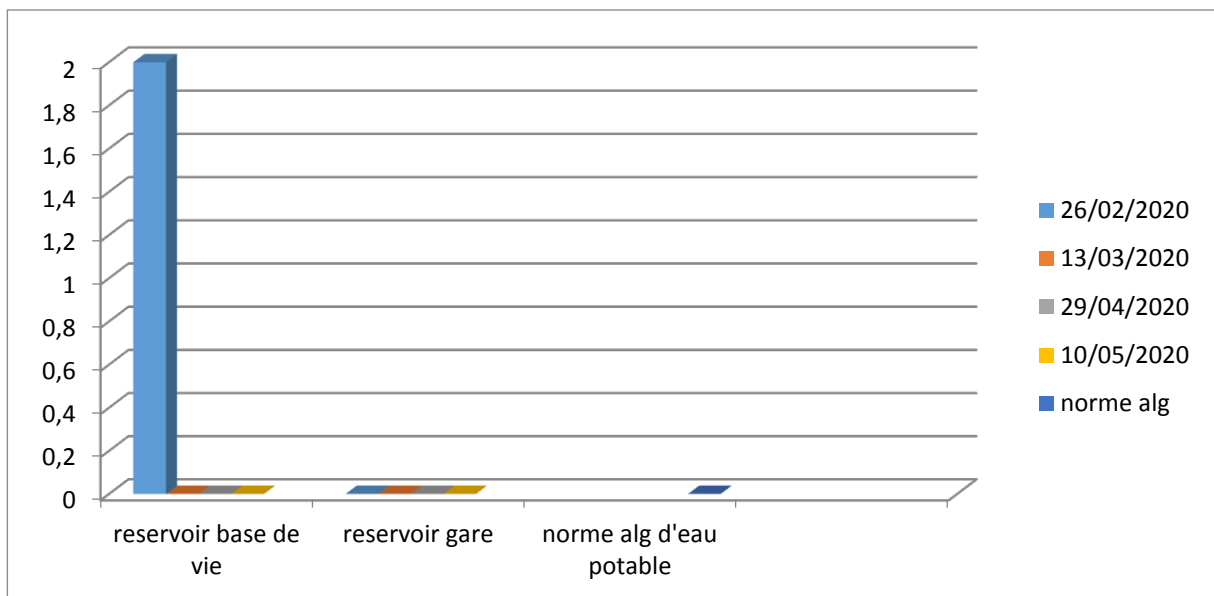


Figure 29 : Variation du nombre de Streptocoques fécaux dans les reservoirs de distribution par rapport à la norme algerienne.

Selon la figure 29 Le nombre de Streptocoques fécaux dans le réservoir Base de vie pendant le 1^{er} prélèvement est de 2sf/100ml. Ce résultats et non conforme au aux normes applicables (Journal Officiel N°13) (annexe 4)

Par contre aucun Streptocoque fécal n'a été identifié dans le Réservoir pendant le 2^{eme}, 3^{eme} et 4^{eme} prélèvement (00SF/100), résultats conformes aux normes Algériennes d'eau potable (00SF/100ml). Même résultat observé au niveau du Réservoir durant la période de prélèvement.

Finalement ces résultats montrent le rôle important de la désinfection de l'eau. Car les points d'eau où le chlore a été rajouté aucun streptocoque n'a été dénombré.

3.3.4 Clostridium sulfito-réducteurs (ASR)

Les *Clostridium sulfito-réducteurs* sont des germes capables de sporuler et de se maintenir longtemps dans l'eau. Ils sont donc les témoins d'une pollution ancienne. Leur élimination par les désinfectants s'avère difficile en comparaison avec les coliformes, ils constituent donc un bon Indicateur de l'efficacité de la désinfection (Guiraud et Galzy1980) .

Selon le tableau (6), on a trouvé un nombre indécombrable des ASR dans le forage INFRAFER, ce taux est inacceptable par rapport aux normes applicables (Journal Officiel N°34) relatives aux limites et références des eaux souterraines (20sp/100ml).

Par contre, dans le réservoir Base de vie et le réservoir Gare (tableau 6) aucune présence de ASR n'a été enregistrée durant la période de prélèvement, ceci est conforme avec les normes applicables (Journal Officiel N°13) relatives aux limites et références des eaux destinées à la consommation) et qui est de 00Sp/100ml.

De ces différentes expérimentations, il s'avère que l'eau du forage INFRA FER est de mauvaise qualité bactériologique, il présente une contamination par des germes pathogènes et doit suivre un traitement de nettoyage et de désinfection efficace avant exploitation.

L'eau de réservoir gare est de bonne qualité bactériologique avec une teneur en chlore de 0.4 mg/l.

L'eau du réservoir Base de vie est de mauvaise qualité bactériologique, il expose la population à une contamination par des germe pathogène (teneur en chlore est de 0.0 mg/l).

L'eau de réservoir base de vie est de bonne qualité bactériologique, la teneur en chlore est entre 0.4 et 0.7 mg/l.

Conclusion et recommandation

Conclusion et recommandations

D'après cette étude sur la valorisation de l'eau de consommation au niveau de la commune de Hamma Bouziane, on a constaté que, même si l'eau est claire, elle n'est pas pour autant sûre à être consommée. Il est important d'évaluer sa potabilité en prenant en compte la qualité Organoleptique et Bactériologique (ce dernier paramètre pris en considération dans cette étude).

La fourniture d'une eau potable à tous peut effectivement être favorisée par des traitements chimiques comme la chloration, mais en amont la protection de la ressource doit être assurée afin de limiter les surcoûts engendrés par ces opérations. La protection de la ressource, qui est tributaire des interactions homme-santé-environnement, nécessite donc de maîtriser l'agriculture, les rejets d'eaux usées domestiques et industrielles, les dépôts de déchets et l'usage des sols.

Pour une eau trouble, un traitement préliminaire de coagulation-décantation permettra d'abaisser la turbidité et donc d'améliorer considérablement l'efficacité du chlore, la désinfection ne constituant qu'un élément de la chaîne de potabilisation de l'eau.

En effet, les eaux naturelles représentent un milieu complexe contenant en solution de nombreuses substances, dont la plupart sont négligeables, mais dont certaines peuvent avoir une incidence sur la santé humaine.

Cette étude a été menée dans le but de contrôler la qualité bactériologique de l'eau du forage INFRAFER (commune de Hamma Bouziane) et suivre son évolution aux réservoirs de stockage et jusqu'aux robinets des consommateurs (réseaux de distribution). Ayant un problème de chloration, le forage INFRAFER a infecté la qualité bactériologique de l'eau sur toute la chaîne de Production-Distribution.

Le forage INFRAFER subit continuellement une contamination bactérienne variable. Cette dernière se manifeste par des valeurs dépassant les normes locales (Journal Officiel Algérien de normes de qualité), avec un problème de chloration au niveau de réservoir Base de vie durant notre période d'étude, ces problèmes peuvent entraîner une dégradation de la qualité de l'eau potable destinée à la consommation humaine.

Ce forage INFRAFER est souillé par les germes de contamination fécale, cette contamination est transférée aux réservoirs Gare et Base de vie jusqu'aux robinets des

Conclusion et recommandations

citoyens, et cela est dû au manque de purification de l'eau au niveau du réservoir Base de vie par chloration, et le manque constant de surveillance par le service de SEACO.

Le danger de la pollution bactériologique constitue sans aucun doute une menace pour les habitants qui puisent l'eau nécessaire à leurs besoins à partir de ces ouvrages. Ce danger est traduit par la présence de maladies à transmission hydrique.

Actuellement, une importance croissante est donnée aux études des maladies à transmission hydrique dites (M.T.H) vu l'essor que prend l'industrie, les concentrations de plus en plus grandes de populations dans les villes, la mauvaise gestion des déchets etc...

La chloration est l'un des moyens simples et efficaces pour désinfecter l'eau en vue de la rendre potable. Mais pour éviter la dégradation de la qualité bactériologique de l'eau, il faut donc assurer un traitement de désinfection continu et chercher d'autres solutions plus performantes.

En recommandations, il en ressort que la qualité de l'eau distribuée au consommateur doit rester la priorité et le souci majeur des EPE.

Dans ce contexte, la désinfection est une précaution indispensable qui vise à protéger l'eau de boisson lors de sa distribution contre tout risque de contamination et à garantir, enfin, une qualité qui répond aux normes de potabilité requises pour les eaux de consommation humaine. De cela l'entreprise doit toujours surveiller la qualité de l'eau distribuée et l'améliorer.

L'entreprise SEACO ait œuvré pour la prise en charge de la qualité de l'eau en générale et de la chloration en particulier et que des résultats ont donné une amélioration, mais des efforts sont encore à fournir.

1. **Algérienne des eaux, (2006)** : Mission C : étude de restructuration des champs captant, Travaux de réhabilitation du réseau d'eau potable du groupement urbain de Constantine, de Hammam Zaoui et Ain Skhoun, Ministre des ressources en eau, Constantine, Algérie.
 2. **Alouane, H. (2012)**. Mémoire de Magister : Evaluation des teneurs en nitrates dans les sols et dans les eaux captées et émergentes en zones à vocation agricole ; Impact des nitrates sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine, Gestion des déchets : Évaluation et Solutions Environnementales, Université Mentouri Constantine, p49.
 3. **Aminot, A et Chaussepied, M. (1983)**. Manuel des analyses chimiques en milieu marin, p395.
 4. **Analyses microbiologiques de l'eau potable. Ministère du Développement durable, Environnement et Lutte contre les changements climatiques, AgroEnviroLab.**
 5. **Anglaret, E. (2002)**. Maladies infectieuses, Edition, Med-Lin, p40-43. 28.
 6. **Arjen, V. (2010)**. Connaissances des méthodes de captage des eaux souterraines : un manuel d'instruction pour les équipes de forage manuel sur l'hydrogéologie appliquée, l'équipement et le développement des forages, Fondation PRACTICA, Oosteind, p10.
 7. **Aroua, A. (1997)**. L'homme et son milieu. Ed 531/77, p135.
 8. **Ayachi, I et Yamoun, N. (2019)**. Mémoire de master : Contribution à l'étude et à l'évaluation de la qualité bactériologique des eaux de puits et de sources de la Wilaya de Constantine, p .13,33
 9. **Ayed, W. (2016)**. Thèse de doctorat : Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région d'El-Harrouche (Skikda), p156.
 10. **Barrette, É. (2006)**. Pesticides et eau souterraine : Prévenir la contamination en milieu agricole, Direction des politiques en milieu terrestre, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec, p24.
 11. **Beliefert, C et Perraud, R. (2001)**. chimie de l'environnement, p477.
 12. **Benallou, A. (2004)**. Mémoire de Master: Analyse physico-chimique des effluents provenant de la laiterie d'Arrib. Université de Khemis Miliana, Batna, p51.
 13. **Benblida, M. (2011)**. L'efficiencia d'utilisation de l'eau et approche économique, centre d'activités régionales PNUE/PAM, p24.
-

14. **Bengarnia, B. (2016).** Thèse de doctorat : 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, p133.
 15. **Bosca, C. (2002).** Groundwater law and administration of sustainable development Mediterranean Magazine, Science Training and Technology, N° 2, p13-17.
 16. **Boussinesq, M. (1997).** L'onchocercose humaine en Afrique, Médecine Tropicale 1997, Vol 57, N°4, p389-400.
 17. **Briere, G. (2000).** Distribution et collecte des eaux, 2ème édition : École Polytechnique de Montréal, p299-300.
 18. **Bouziani M. (2000).** L'eau de la pénurie aux maladies, Edition ibn khaldoun, p247.
 19. **Cahier de chloration (juin 1996).** Chloration en milieu rural dans les pays en voie de développement Actes de la réunion organisée par le Ps-Eau Juin 1996 (Réédition 2005), p5-7-8-10-12.
 20. **CEAEQ (2000).** Recherche et dénombrement des coliformes totaux; méthode par filtration sur membrane, Centre d'expertise en analyse environnementale, Gouvernement du Québec, p25.
 21. **Centre d'Information sur l'Eau (CIE), (2013).** Le cycle naturel de l'eau, p6.
 22. **Chekroud, H. (2007).** Mémoire de Magister : Etude de la pollution des eaux de la plaine Telezza due aux activités agricoles et commerciales, Université du 22 Aout 1955, Skikda, p56.
 23. **Chevalier, P. (2003).** Coliformes totaux. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec, p4.
 24. **Collin, J. (2004).** Les eaux souterraines : Connaissance et gestion, HERMANN, Editeurs des sciences et des arts, paris, p27-49.
 25. **Debabza, M. (2005).** Mémoire de Magister en Microbiologie appliquée : Analyse microbiologique des eaux des plages de la ville d'Annaba Evaluation de la résistance aux antibiotiques des microorganismes pathogènes, Université des sciences de Badji-Mokhtar, Annaba.
 26. **Defrance, S. (1996).** L'eau dans tous ses états. Edition Ellipses. Paris, p632.
 27. **Degremont G. (2005).** Mémento technique de l'eau, Tome 1, 10ème édition, Edit. Tec et doc, p3- 38.
-

28. **Degremont. (1989).** Mémento technique de l'eau, Tome 1 & 2, Collection Degremont, ISBN 2-9503984-0-5, p1459.
 29. **Dentelles, A. (2001).** Maintien de la qualité de l'eau dans les réseaux de distribution et lutte contre les pollutions .EP-ADE, Tizi Ouzou.
 30. **Directives de qualité pour l'eau de boisson.** Critères d'hygiène et documentation à l'appui Organisation mondiale de la Santé Genève .Deuxième édition, Vol2.
 31. **Dumas. P, (2015) :** Etude de schéma directeur d'AEP de la wilaya de Constantine à l'horizon 2050, Société de l'eau et de l'Assainissement de Constantine, Constantine.
 32. **Emand et al(1999).** Périmètre de protection des captages d'eau souterraine destinée à la consommation humaine ; Guide méthodologique et réglementaire, Edition BRGM, manuels et méthodes n°33, 2ème édition, p19.
 33. **Edmond M.et al., (1995).**Vancomycin-resistant Enterococcus faeciumbacteremia: risk factors for infection, *Clan Infect Dis*, Vol 20, N°5, P: 1126-1133. Escherichia coli: the best biological drinking water indicator for public health protection, *Journal of Applied Microbiology*, N°88, p106-116.
 34. **Gleeson, Cet Gray, N. (1997).**The coliform index and waterborne disease: problems of microbial drinking water assessment, E & FN Spoon, London, p194.
 35. **Gouvernement du Quebec (2004).** Etude du risque de gastro-entérite chez les familles utilisant l'eau d'un puits domestique, Direction risques biologiques, environnementaux et occupationnels, Institut national de santé publique, Québec, p8.
 36. **Grosconde, G. (1999).**Un point sur l'eau (l'eau milieu naturel et maîtrise), Tome 1ème Edition., Inra, Paris, p17-18.
 37. **Grosclaude, J. (2011).** Réalisation et gestion des forages équipés d'une pompe à motricité humaine en Afrique subsaharienne, Agence Française de Développement, p88.
 38. **Gueziri. S, Haddag. A et Derouiche. S, (2015) :** Biodiversité et Systématique de la famille des Megachilidae (Hymenoptera, Apoidea) dans la région de Constantine, Mémoire de Master 2 en Biologie Animale, Université des Frères Mentouri, Constantine 1, Constantine. Algérie.
 39. **Guyader, A. (1999).** Recommandations pour les contrôles d'environnement dans les établissements de santé, C.CLIN –Ouest.
-

40. **Guiraud, J. et Galzy, P. (1980).** L'analyse microbiologique dans les industries alimentaires, p533.
 41. **Hamed, M et al., (2012).** Thèse d'Ingénieur d'état en Biologie Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage DJORF-TORBA, Université des sciences et technologies département des sciences(Bechar), p69.
 42. **Hartemann, P. (2004).** Contamination des eaux en milieu professionnel, EMC Toxicologie Pathologie, Elsevier, p63–78.
 43. **Hélène, R. (2000).** Thèse d'Ingénieurs : Qualité microbiologique des eaux brutes distribuées par BRL, l'Ecole Nationale de la Santé Publique de Languedoc-Roussillon(France), p81.
 44. http://www.association-sauvegarde-moulleau.fr/offres/gestion/actus_721_36761-1588/danger-de-pollution-bacterienne.htm.
 45. **John, P et Donald, A. (2010).** Microbiologie, 3ème Édition, p1216.
 46. **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, p25.
 47. **Julien, M. (2007)** .Un point sur l'eau (l'eau milieu naturel et maîtrise), Tome 1ème Edition., Inra, Paris, p17-18.
 48. **Khelili, R et Lazali, D. (2015).** Mémoire de Mater : Etude des propriétés physicochimiques et bactériologiques de l'eau du barrage Harraza (Wilaya de Ain Defla), p91.
 49. **Kirkpatrick, k et Fleming E. (2008).** La qualité de l'eau, ROSS TECH 07/47.
 50. **Koul, N et Bassou, E. (2003).**Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux de consommation de l'agglomération d'Ouargla, p84.
 51. **Ladjel, f. (2009).** Microbiologie d'une eau de boisson, Le cahier technique du stage, Centre de formation SEACO Du 28/12/2019 au 01/01/2020.
 52. **Ladjel,F (Octobre 2013)** .Introduction a l'analyse de qualité de l'eau de boisson , recherche microbiologique.
 53. **Larpent, J. (1997).** Microbiologie alimentaire: Technique de laboratoire. Ed. Technique et documentation-Lavoisier, Paris, 1073p.
 54. **Layochis, H. (1999).** Microbiologie appliquée. Edition Doin, Paris, p250.
 55. Les enjeux de santé liés à la qualité de l'eau de boisson dans les pays en développement Jean Delmont (2016). Faculté de Médecine de Marseille.
-

56. **Maiga, A. (2005)**. Thèse de Doctorat : Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'EDM.SA dans la ville de Bamako : évaluation saisonnière, Bamako (Mali), p77.
 57. **Manuel de Bergey (1984)**. Systématique bactériologie ; 9th Edition, p533.
 58. **Masschelein, W (1996) et Hordé, P (2014)**. Processus unitaire du traitement de l'eau potable, Edition CEBE, DOC spilliège, p181-345 ; Gastro-entérite aiguë : Symptômes et traitement, santé médecine, p19 .
 59. **Merouani, M et Bouguedah, A. (2013)**. Mémoire master : Etude de la pollution chimique et la vulnérabilité alla pollution des eaux souterraines de la cuvette d'OUARGLA. Université KASDI MARBAH Ouargla, p59.
 60. **Merzoug, D et al., (2010)**. Faune aquatique et qualité de l'eau des puits et sources de la région d'Oum-El-Bouaghi (Nord-Est algérien), Hydroécol Applied, p77–97.
 61. **Michard,k. (2002)**.Chimie des eaux naturelles. Principes de géochimie des eaux. Edition Publique, 565p.
 62. **Montiel, A. (2004)**. Contrôle et préservation de la qualité microbiologique des eaux : traitements de désinfection, Traitements de potabilisation et assurance qualité des eaux de consommation humaine, Revue Française des Laboratoires, N° 364, p51.
 63. **Mostefaoui, O et Toutaoui, M. (2018)**. Mémoire de master : Contribution à l'évaluation de la qualité des eaux du forage de Ras El Ain (Boumerzoug), p23.
 64. **Muriel, H. (2010)**. Suivi de la qualité de l'eau produite et distribuée : Elaborer et mettre en œuvre un plan des sécurités sanitaire des eaux, Direction des affaires sanitaires et sociales de la nouvelle Calédonie, Santé et environnement, NOUMEA cedex, p02.
 65. **Myrand, D. (2008)**. Guide technique : captage d'eau souterraine pour des résidences isolées, Québec, p04.
 66. **N'diaye (2002)**.Thèse de Doctorat : Etude bactériologique des eaux de boissons vendues en sachet dans quatre communes d'Abidjan, Université de Bamako Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odonto- Stomatologie (Mali), p180.
 67. **OMS (1994)**. Directives de qualité pour l'eau de boisson; volume 1, recommandations, Organisation mondiale de la Santé, 2ème édition, p202 .
 68. **OMS (2000)**. Directives de qualité pour l'eau de boisson; volume 2, critères d'hygiène et documentation à l'appui, 2ème édition, p1050.
-

69. **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, p34.
 70. **OMS (2006).** Paludisme : lutte anti vectorielle et protection individuelle, Série de Rapports techniques, N°936, p71.
 71. **Piar Roux, R. (2002).** Le choléra : épidémiologie et transmission, Expérience tirée de plusieurs interventions humanitaires réalisées en Afrique, dans l'Océan Indien et en Amérique Centrale, Bull Soc Pathol Exot, Vol 95, N°5, p345-350.
 72. **Ramade,F. (1981).** Ecologie des ressources naturelles, Edition Masson., France, p136-142.
 73. **Renald, M. (2003).** Le puits, Révision de la numérotation des règlements, développement durable, environnement et parcs, Québec, p52.
 74. **Réseaux Partenarial des Données sur l'Eau (RPDE). (2007).** Le cycle de l'eau, Observatoire Régional de l'Environnement Poitou-Charentes, p33.
 75. **Rodier ,J et al. (2005).**L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Ed. Dunod, Paris, p1384
 76. **Rodier et al., (2009).**L'Analyse de l'eau, 9ème Edition, Dunod, Paris, 2009, p120-256.
 77. **Rodier, J et al. (2009).** L'analyse de l'eau, 9ème édition, Ed. Dunod, p1579.
 78. **Sari, H. (2014).** Mémoire magister : Contribution à l'étude de la qualité chimique et bactériologique de l'eau de la source « ATTAR». Université ABOU-BEKR BELKAID, Tlemcen, p92.
 79. **-Seghir, K. (2008).** Thèse de Doctorat : Vulnérabilité à la pollution, protection des ressources en eaux et gestion active du sous-système aquifère de Tébessa. Hammamet (Est Algérien), Faculté des Sciences de la Terre de Badji Mokhtar, Annaba(Algérie), p158.
 80. **Stämpfli, N. (2007).** Puits d'infiltration, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Services régionaux, région du Québec, p4.
 81. **Thierrin, J et al., (2001).** Guide Pratique De L'échantillonnage Des Eaux Souterraines. Société Suisse D'Hydrogéologie, p57.
 82. **Valverde, A. (2008).** Comprendre le cycle de l'eau, bulletin de l'OMM, Vol 57 N°3, p55.
-

Références bibliographique

83. **World Health Organization (2008)**. Guidelines for drinking-water quality, third edition incorporating the first and second addenda, volume1, Recommendations, Geneva, p26.
 84. **Yatabary N. T. D. (1994)** .Audit d'environnement dans le complexe de production d'eau potable de Bamako (Mali), p354.
 85. **Zoungrana, E. (2009) et Aubry P., Gaüzere B.A., (2012)**. La poliomyélite, 12 Mai 2009, 9p. Les maladies liées à l'eau, Mise à jour le 20/04/2012.
-

ANNEXES

Annexe 1 : Bulletin 1 d'analyses bactériologiques.



ش.د.أ.شركة المياه و التطهير قسنطينة S.P.A SOCIETE DE L'EAU ET DE L'ASSAINISSEMENT DE CONSTANTINE

Département Qualité
N°68/Lab/ SEACO/2020
Service Bactériologie

Constantine le 27/02/2020

BULLETIN D'ANALYSES BACTERIOLOGIQUES

Date des prélèvements :	26/02/2020
Prélèvements effectués par :	Mr Baghdadi Chawki +Stagiaires.
Analyses effectuées par :	M ^{me} Hammouda Lilia
Commune :	Hamma Bouziane/Nord
Origine du prélèvement :	Forage Infra fer
But d'analyse	Suivi de la qualité de l'eau au niveau de cité base de vie.

Adresse et lieu de prélèvement	Cl2 mg/l	Coliforme totaux/100ml	Escherichia Coli/ 100ml	Conclusion
Réservoir Gare	0.4	00UFC/100ml	00 Ecoli/100ml	Eau de bonne qualité bactériologique
Réservoir Base de vie	0	01UFC/100ml	01 Ecoli/100ml	Eau de mauvaise qualité bactériologique
Cité base de vie Mr Atmani	0	04UFC/100ml	03 Ecoli/100ml	Eau de mauvaise qualité bactériologique
Cité base de vie Mr Guechi	0	03UFC/100ml	02 Ecoli/100ml	Eau de mauvaise qualité bactériologique
Cité base de vie Mr Zaher	0	03UFC/100ml	00 Ecoli/100ml	Eau de mauvaise qualité bactériologique
Cité base de vie Mr Khodja Abed	0	01UFC/100ml	01 Ecoli/100ml	Eau de mauvaise qualité bactériologique
Cité base de vie Mr Tabet	0	03UFC/100ml	03 Ecoli/100ml	Eau de mauvaise qualité bactériologique
Cité base de vie Mr Zrafa	0	00UFC/100ml	00 Ecoli/100ml	Eau de bonne qualité bactériologique
Cité base de vie Mr chkired	0	03UFC/100ml	01 Ecoli/100ml	Eau de mauvaise qualité bactériologique
Cité base de vie Mr Bahloul	0	01UFC/100ml	01 Ecoli/100ml	Eau de mauvaise qualité bactériologique
Cité base de vie Mr Asbile	0	01UFC/100ml	01 Ecoli/100ml	Eau de mauvaise qualité bactériologique

N/B : La dégradation de la qualité de l'eau persiste à cause du manque de chlore, veuillez intervenir Pour rétablir la chloration. **Chef de service**

Chef De Département

ANNEXES

Annexe 2 : bulletin 2 d'analyses bactériologiques



ش.د.أ.شركة المياه و التطهير قسنطينة
S.P.A SOCIETE DE L'EAU ET DE L'ASSAINISSEMENT
DE CONSTANTINE

Département Qualité
Service Bactériologie
N° 04 /Lab/ SEACO/2020

Constantine le 01/03/2020

BULLETIN D'ANALYSES BACTERIOLOGIQUES COMPLET 1

Date des prélèvements :	26/02/2020
Prélèvements effectués par :	Mr Baghdadi Chawki +Stagiaires.
Analyses effectuées par :	M ^{me} Hammouda Lilia
Commune :	Hamma Bouziane/Nord
Origine du prélèvement :	Forage Infra fer
But d'analyse	Réclamation

Adresse et lieu de prélèvement	Cl2 Mg/l	CT/100ml	E-Coli /100ml	SF/100ml	ASR/20ml	Conclusion
Forage Infra-fer	/	10 UFC/100 ml	00Ecoli /100ml	04UFC/10 0ml	Indénombrable	MQB
Réservoir Base de vie	0	01UFC/10 0ml	01Ecoli/100ml	02UFC/10 0ml	00SP/20ml	MQB

N/B : le réservoir nécessite un nettoyage et désinfection ainsi qu'une chloration régulière.

TNC : colonies trop nombreuse d'être compté

CT : coliformes totaux

E-coli : Escherichia Coli

SF : streptocoque fécaux

ASR : Anaérobie sulfite réductrice

MQB : Mauvaise qualité bactériologique

Chef De Service

Chef De Département Qualité

ANNEXES

Annexe 3 : bulletin 3 d'analyses bactériologiques



Département Qualité
N°68/Lab/ SEACO/2020
Service Bactériologie

ش.د.أ. شركة المياه و التطهير قسنطينة
S.P.A SOCIETE DE L'EAU ET DE L'ASSAINISSEMENT
DE CONSTANTINE

Constantine le 10/05/2020

BULLETIN D'ANALYSES BACTERIOLOGIQUE

Date des prélèvements :	10/05/2020
Prélèvements effectués par :	Mr Baghdadi Chawki
Analyses effectuées par :	M ^{me} Hammouda Lilia
Commune :	Hamma Bouziane/Nord
Origine du prélèvement :	Forage Infra fer
But d'analyse	Etude de qualité après chloration

Adresse et lieu de prélèvement	Cl2 mg/l	Coliforme totaux/100ml	Escherichia Coli/ 100ml	Conclusion
Réservoir Gare	0.4	00UFC/100ml	00Ecoli/100ml	Eau de bonne qualité bactériologique
Réservoir Base de vie	0.7	00UFC/100ml	00 Ecoli/100ml	Eau de <u>bonne</u> qualité bactériologique
Cité base de vie Mr Atmani	0.2	00UFC/100ml	00 Ecoli/100ml	Eau de <u>bonne</u> qualité bactériologique
Cité base de vie Mr Guechi	0.3	00UFC/100ml	00 Ecoli/100ml	Eau de <u>bonne</u> qualité bactériologique
Cité base de vie Mr Zaher	0.6	00UFC/100ml	00 Ecoli/100ml	Eau de <u>bonne</u> qualité bactériologique
Cité base de vie Mr Khodja Abed	0.5	00UFC/100ml	00 Ecoli/100ml	Eau de <u>bonne</u> qualité bactériologique
Cité base de vie Mr Tabet	0.2	00UFC/100ml	00 Ecoli/100ml	Eau de <u>bonne</u> qualité bactériologique
Cité base de vie Mr Zrafa	0.6	00UFC/100ml	00 Ecoli/100ml	Eau de <u>bonne</u> qualité bactériologique
Cité base de vie Mr chkired	0.4	00UFC/100ml	00 Ecoli/100ml	Eau de <u>bonne</u> qualité bactériologique
Cité base de vie Mr Bahloul	0.5	00UFC/100ml	00 Ecoli/100ml	Eau de <u>bonne</u> qualité bactériologique
Cité base de vie Mr Asbile	0.5	00UFC/100ml	00 Ecoli/100ml	Eau de <u>bonne</u> qualité bactériologique

Chef de service

Chef De Département

Annexe 4: Tableau des normes algérienne d'eau potable

16		JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 13		7 Joumada El Oula 1435 9 mars 2014	
ANNEXE (suite)					
GRUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS LIMITES		
Paramètres chimiques (suite)	Xylènes	µg/l	500		
	Styrène	µg/l	100		
	Agents de surface régissant au bleu de méthylène	mg/l	0,2		
	Epychlorehydrine	µg/l	0,4		
	Microcystine LR	µg/l	1		
	Pesticides par substance individualisée				
	- Insecticides organochlorés persistants	µg/l	0,1		
	- Insecticides organophosphorés et carbamates	µg/l	0,1		
	- Herbicides	µg/l	0,1		
	- Fongicides	µg/l	0,1		
	- P.C.B	µg/l	0,1		
	- P.C.T	µg/l	0,1		
	- Aldrine	µg/l	0,03		
	- Dieldrine	µg/l	0,03		
	- Heptachlore	µg/l	0,03		
	- Heptachlorépoxyde	µg/l	0,03		
	Pesticides (Totaux)	µg/l	0,5		
	Bromates	µg/l	10		
	Chlorite	µg/l	0,07		
	Tribalométhanes par substance individualisée :				
	- Chloroforme	µg/l	200		
	- Bromoforme	µg/l	100		
	- Dibromochlorométhane	µg/l	100		
- Bromodichlorométhane	µg/l	60			
Chlorure de vinyle	µg/l	0,3			
1,2-Dichloroéthane	µg/l	30			
1,3-Dichlorobenzène	µg/l	1000			
1,4-Dichlorobenzène	µg/l	300			
Trichloroéthylène	µg/l	20			
Tetrachloroéthylène	µg/l	40			
Radionucléides	Particules alpha	Picocurie/l	15		
	Particules bêta	Millirems/an	4		
	Tritium	Besquerel/l	100		
	Uranium	µg/l	30		
	Dose totale indicative (DTI)	mSv/an	0,15		
paramètres microbiologiques	Escherichia Coli	n/100ml	0		
	Entérocoques	n/100ml	0		
	Bactéries sulfitoréductrices y compris les spores	n/20ml	0		


ANNEXES

Annexe 5 : Tableau des normes algérienne des eaux souterraines

6	JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 34		17 Rajab 1432 19 juin 2011	
ANNEXE (suite)				
Groupes de paramètres	Paramètres	Unité	Valeur maximale	
			Eaux superficielles	Eaux souterraines
Paramètres chimiques	Baryum	mg/l	1	0,7
	Bore	mg/l	1	1
	Fer dissous	mg/l	1	0,3
	Fluor	mg/l	2	1,5
	Manganèse	mg/l	1	0,05
	Nitrates	mg/l NO3	50	50
	Phosphore	mg/l	10	5
	Arsenic	µg/l	100	10
	Cadmium	µg/l	5	5
	Chrome	µg/l	100	50
	Cuivre	Mg/l	2	0,05
	Cyanures	µg/l	100	50
	Mercure	µg/l	10	6
	Plomb	µg/l	50	10
	Sélénium	µg/l	50	10
	Zinc	mg/l	5	5
	Hydrocarbures polycycliques aromatiques	µg/l	1	0,2
	Hydrocarbures dissous	µg/l	1000	10
	Phénols	µg/l	2	0,5
	Agents de surface	mg/l	0,5	0,2
Azote Kjeldhal	mg/l	3	1	
Pesticides	µg/l	1	0,5	
Paramètres microbiologiques	Escherichia coli	n/100ml	20.000	20
	Entérocoques	n/100ml	10.000	20
	Salmonelles	—	Absence dans 1000 ml	Absence dans 5000 ml

ANNEXES

Annexe 6 : exemple de Sondage d'opinion sur la qualité de l'eau



ش.ذ.ا شركة المياه و التطهير فسنطينة
S.P.A SOCIETE DE L'EAU ET DE L'ASSAINISSEMENT
DE CONSTANTINE

Fiche de sondage d'opinion sur la qualité de l'eau

Ressource : Barrage Béni Haroun / Forages Hammam Zaoui, Sekhoun, Salah Bey, Hamzaoui / Source Zaouia
Commune : Ali Mendjeli / Constantine / Hamma Bouziane / Zighoud Youcef / Ibn Ziad / Messaoud Boudjeriou.
Adresse : UV 17/ Cité chalet des pins / Cité Ghoumriane, Cité la gare / Cité Hraicha Ammar....

- 1) Êtes-vous satisfait de la distribution de l'eau dans votre quartier ?
Oui Non Pourquoi ? *Le temps de distribution immergé*
- 2) Est-ce que vous avez une idée sur la ressource d'eau dans votre secteur ?
Superficielle Souterraine
- 3) Avez-vous une préférence par rapport au type d'eaux ; superficielles ou souterraines ?
Barrage Forage Source
- 4) Est ce que l'eau distribuée est de bonne qualité à votre avis ?
Oui Non
- 5) En quoi consiste la dégradation de la qualité de l'eau ?
Odeur Goût Autres
- 6) Quelle odeur :
D'eau de Javel Mauvaise Autres odeurs ?
- 7) Un goût de :
Fade Acide Autres goûts, précisez ? *égout*
- 8) Avez-vous déjà été exposé à une maladie à cause de l'eau de consommation ?
Oui Non et quelle maladie ?
- 9) Est-ce que l'eau distribuée contient du calcaire à votre avis ?
Oui Non
- 10) Si vous avez suspecté que l'eau est de mauvaise qualité, couleur, goût et odeur. Quelles sont les mesures que vous prenez ?
 - Arrêter immédiatement l'utilisation de l'eau du robinet
 - Appeler le numéro vert de la SEACO (3025)
 - Informer le responsable du secteur de distribution de l'eau
- 11) Etes-vous satisfaits des services de la SEACO ?
Oui Non
Si la réponse est non, pourquoi pas ?
- 12) A votre avis, la présence d'eau de javel dans l'eau de robinet est-elle indice de bonne qualité, de traitement ?
Oui Non
Si la réponse est oui, expliquer :
- 13) Alors que l'eau a été coupée en raison de problèmes techniques, d'où l'obtenez-vous ?
Eau minérale Eau de Source Autres
- 14) Y'a t'il eût mélange d'eau usée avec l'eau potable à votre robinet ?
Oui Non Si oui expliquer :

Etabli par : Mme L. BOUDAA, Département Qualité SEACO

ANNEXES



Avant

Après

Figure : Résultats de recherche des streptocoques dans le milieu de culture slanetz.



Avant

Après

Figure : Résultat de recherche des coliformes totaux + E-coli dans le milieu de culture CCA.

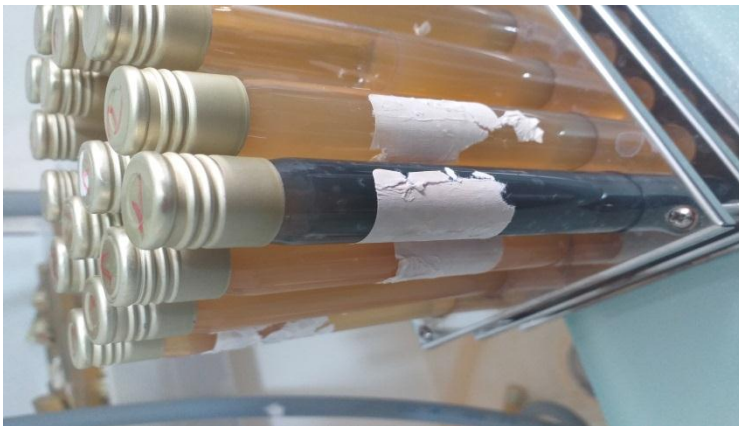


Figure : Résultats de recherche des spors(claustriduims/ sulfito réducteurs) dans le milieu de culture viande de foie

ANNEXES

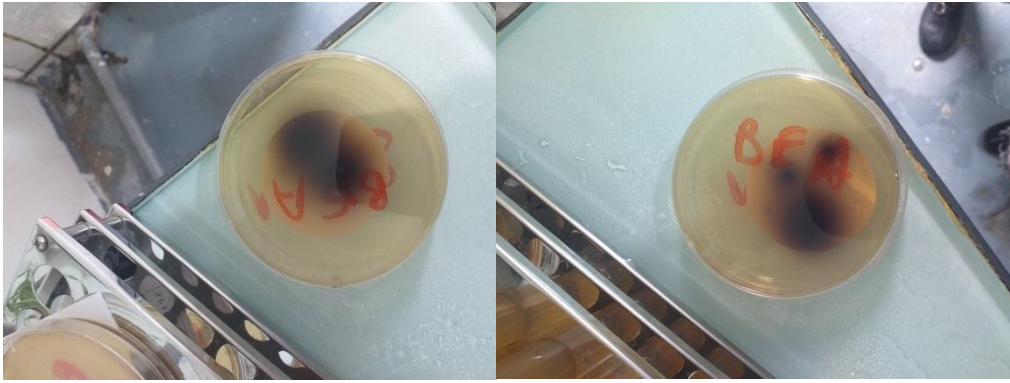


Figure :



Figure : les granules de chloration

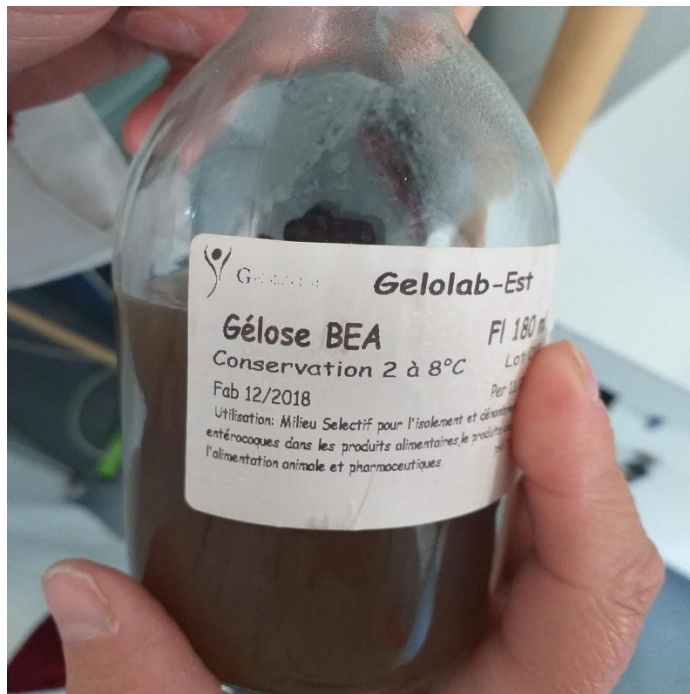


Figure : milieu de recoupage des Streptocoque Fécaux

Intitulé : Evaluation par des indicateurs biologiques de la qualité de l'eau potable de la chaîne « production-distribution » du forage INFRAFER commune Hamma Bouziane (Constantine).

Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de Master en : Ecologie Fondamentale et Appliquée.

Résumé :

L'eau est une ressource naturelle précieuse et essentielle pour de multiples usages. Son utilisation à des fins alimentaires ou d'hygiène, nécessite une excellente qualité bactériologique et physico-chimique.

Pour apprécier la qualité des eaux du forage INFRAFER, destinées à la consommation humaine dans la cité Base de vie et la cité Gare située à la commune Hamma Bouziane au Nord-Ouest de Constantine ; un contrôle de la qualité bactériologique a été effectué sur plusieurs échantillons d'eau prélevés au niveau du forage, des deux réservoirs Gare et Base de vie et neuf points du réseau de distribution appartenant à cette localité.

Les résultats des analyses bactériologiques ont révélé que les eaux brutes du forage Infra-Fer sont de mauvaise qualité bactériologique et un nombre inacceptable par la norme de germes au niveau du réservoir et le réseau de distribution où il a été enregistré des taux de Chlore nuls.

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, les pollutions accidentelles avoisinantes.

Cette contamination constitue sans doute un danger non négligeable à la santé des populations consommatrices de ces eaux ; c'est pour cela il est impératif de procéder à un traitement de Chloration en permanence afin d'assurer un taux de Chlore résiduel conforme tout au long de la chaîne du forage INFRAFER, de la Station de pompage aux réservoirs de distribution et sur tous les points des réseaux d'A.E.P desservis.

Pour éviter d'éventuels risques sanitaires La SEACO adopte des mesures d'hygiène pour le transport et le stockage de l'eau, le contrôle périodique du processus de Chloration.

Veiller à la sauvegarde du périmètre de protection de la ressource : Il y a lieu de protéger de toute construction la plaine du Hamma et même d'interdire toutes les cultures nécessitant l'utilisation d'engrais afin d'éviter les risques de pollution de la nappe superficielle.

Mots clés : Qualité bactériologique, Forage, Réservoir, Réseau de distribution, Hamma Bouziane.

Laboratoire de recherche : Laboratoire de SEACO Ain Smara.

Jury d'évaluation :

Président du jury : BAZRI Kamel Eddine	(MCA - UFM Constantine1).
Rapporteur : Zaïmeche Saida	(MCB - UFM Constantine1).
Examineurs : SAHLI Leïla	(MCA - UFM Constantine1).

Date de soutenance : 09/07/2020