



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



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

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة
كلية علوم الطبيعة و الحياة

Département : Biologie Et Ecologie Végétale

قسم : بيولوجيا و علم البيئة

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

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et l'environnement

Spécialité : Ecologie fondamentale et appliquée

Intitulé :

Evaluation de la qualité de l'eau potable distribuée dans la commune de Hamma Bouziane (wilaya de Constantine)

Présenté et soutenu par : *Redjem Fedoua*

Rahmouni Rym

Jury d'évaluation :

Président du jury : ZAIMECHE Saida (maitre de conférences B-UFM Constantine)

Rapporteur : TOUATI laid (maitre de conférences A-UFM Constantine)

Examineurs : GHIOUA Karima (maitre d'assistante A-UFM Constantine)

*Année universitaire
2017 - 2018*

Remerciement :

L'accomplissement du présent travail n'a été possible qu'avec le soutien d'ALLAH le tout puissant, le Miséricordieux, de nous avoir donné le courage, la force, la santé et la persistance et de nous avoir permis de finaliser Ce travail dans de meilleures conditions.

Nous tenons à remercier notre encadreur monsieur **Touati Laid MCA**, pour l'honneur qu'il nous a fait en dirigeant ce travail, pour ses aides, ses conseils, tout au long de l'élaboration de ce modeste travail.

Nous remercions particulièrement madame **Ghioua K MAA** qui a accepté D'examiner ce travail.

Nous tenons également à présenter nos plus vifs remerciements à madame **Zaimèche Saida MCB** Pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant de présider la commission d'examen de ce mémoire.

Nous remercions sincèrement tous les enseignants de département de biologie.

Enfin, nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail de fin d'études.

Abstract :

Abstract:

This work aims to investigate and to assess the physico-chemical and either the bacteriological quality of underground waters, produced and distributed in the Area of Hamma Bouziane, one of the municipalities which harbor an important population. The physical and chemical analyses showed that these waters of human consumption, present the criteria of drinkability by referring to the national standards and those of the directives of the World Health Organization. Therefore, the bacteriological analyses reveal the absence of the pathogenic germs indicators of faecal contamination. The monitoring and the oversight of these waters remain a hard of essential work for public health and environmental risks.

Key words: Hamma Bouziane, underground waters, drinking water, physical and chemical quality, bacteriological quality.

Abstract :

Résumé:

Résumé :

Ce travail a pour but de suivre et d'évaluer la qualité physico chimique et bactériologique des eaux souterraines, produites et distribuées dans la région de Hamma Bouziane, l'une des communes qui abrite une population importante. Les analyses physico-chimiques ont montré que ces eaux de consommation humaine, présentent une bonne qualité et remplissent les critères de potabilité en se référant aux normes nationales et celles des directives de l'Organisation Mondiale de la Santé. En occurrence, les analyses bactériologiques révèlent l'absence des germes pathogènes de contamination fécale. La surveillance et le contrôle de ces eaux demeure une tache d'ordre primordial pour la santé publique et les risques environnementaux.

Mots clés : Hamma Bouziane, eaux souterraines, potable, qualité physico-chimique, qualité bactériologique.

Résumé:

يهدف هذا البحث إلى فحص وتقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية و البكتريولوجية للمياه الجوفية ، التي يتم إنتاجها وتوزيعها في منطقة الحامة بوزيان ، إحدى البلديات التي تؤوي مجموعة سكانية مهمة. أظهرت التحاليل الفيزيائية والكيميائية أن هذه المياه الموجهة للاستهلاك البشري تحترم معايير الشرب بالإشارة إلى المعايير الوطنية و كذلك الخاصة بتوجيهات منظمة الصحة العالمية. لذلك ، تكشف التحليلات البكتريولوجية عدم وجود مؤشرات الجراثيم المسببة للأمراض. يظل رصد هذه المياه والإشراف عليها من الأعمال الأساسية للصحة العامة والمخاطر البيئية

الكلمات المفتاحية: حامة بوزيان ، المياه الجوفية ، مياه الشرب ، الجودة الفيزيائية والكيميائية ، الجودة البكتريولوجية.

Liste des abréviations

Liste des abréviations

C° : Degré Celsius.

CE : Conductivité Eclectique.

CEM : Collège d'Enseignement Moyen.

CFPTEP : Comité Fédéral-Provincial-Territorial sur l'Eau Potable.

E. Coli : *Escherichia coli*.

EDTA : Éthylène Diamine Tétra-Acétique.

f: fontaine.

F : Forage.

GRHMSM : Gestion des Ressources Hydrique Manitoba et Santé Manitoba.

HCEFLCD : Haut-Commissariat aux Eaux et Forêt et la Lutte Contre la Désertification.

Mg/L : Milligramme par litre.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

Ph : potentiel Hydrogène.

R : Réservoir.

SEACO : Société de l'Eau et de l'Assainissement de Constantine.

SP : Station de Pompage.

TA : Titre Alcalimétrique.

TAC : Titre Alcalimétrique Complet.

TTC : Triphenyl Tetrazolium Chloride nom anglais de Chlorure de Triphényl Tétrazolium.

UTN : Unité Néphélométrie de Turbidité.

µs/cm: Micro siemens/ Cm.

Liste des figures

Liste des figures

Figure	Titre	Page
Figure 1	Situation géographique du Hamma Bouziane	11
Figure 2	Carte géologique du Hamma Bouziane	12
Figure 3	Situation des champs captant de Hammam Zaoui et Aïn Skhoun.	13
Figure 4	Données climatologiques de Constantine	14
Figure 5	Installation d'Aïn Hammam Zaoui	15
Figure 6	Installation d'Aïn Skhoun	16
Figure 7	Emplacement du forage F2	17
Figure 8	Des photos des réactifs pré-dosés.....	22
Figure 9	Schéma du principe de la technique de culture sur membrane.....	25
Figure 10	Des photos étapes de l'analyse.....	27
Figure 11	Photo d'incubation à l'autoclave.....	28
Figure 12	La variation du pH des eaux étudiées.....	29
Figure 13	La variation de la conductivité des eaux étudiées.....	30
Figure 14	La variation de la turbidité des eaux étudiées.....	31
Figure 15	La variation de la dureté des eaux étudiées.....	32
Figure 16	La variation du TAC des eaux étudiées.....	32
Figure 17	La variation du TA des eaux étudiées.....	33
Figure 18	La variation de chlorure des eaux étudiées	34
Figure 19	La variation des teneurs en calcium des eaux étudiées.....	35
Figure 20	La variation des teneurs de sulfate des eaux étudiées.....	35
Figure 21	La variation des valeurs de nitrate des eaux étudiées.....	36
Figure 22	La variation des valeurs de nitrite des eaux étudiées.....	37
Figure 23	La variation des valeurs des cyanures des eaux étudiées.....	37
Figure 24	Les photos des résultats des analyses bactériologiques.....	38

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
Tableau 1	Normes OMS et algériennes de L'eau potable.....	9
Tableau 2	Facteurs bactériologiques	10
Tableau 3	Lieux de prélèvement.....	18

SOMMAIRE

Abstract

Résumé

ملخص

Remerciement

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Page

Introduction..... 1

Chapitre I Synthèse bibliographique

I.1.Ressource en eau potable.....3

I.2. Les eaux de surface.....3

I.3. Les eaux souterraine.....3

I.4. Les paramètre de qualité des eaux potable et leurs normes.....3

I.4.1. Les paramètres physico-chimiques.....3

I.4.2. Les paramètres bactériologiques8

I.4.3.Normes de potabilité.....9

Chapitre II Présentations de la région d'étude

II.1. Contexte géographique et géologique de la région d'étude.....11

II.2. Situation des champs captants du Hamma Bouziane.....11

II.3. Aperçu hydrogéologique des champs captants.....13

II.3.1. Aïn Hammam Zaoui.....13

II.3.2. AïnSkhoun.....13

II.4. Cadre climatologique du Hamma Bouziane14

II.5. La région d'étude14

SOMMAIRE:

Chapitre III Matériel et méthodes

III.1. Travail de terrain.....	18
III.1.1. Localisation des sites de prélèvement	18
III .1.2. Mode de prélèvement	19
III .2. Travail de laboratoires.....	20
III .2.1. Analyses physico-chimiques.....	20
III .2.1.1. Analyse partielle.....	20
III .2.1.1.1. pH	20
III .2.1.1.2. Conductivité électrique.....	20
III .2.1.1.3. Turbidité.....	20
III .2.1.2. Analyse complète.....	20
III .2.1.2.1. Matériel et réactifs.....	21
III .2.1.2.2. La méthode volumétrique.....	22
III .2.2. Analyse bactériologique.....	24
III .2.2.1. Recherche des coliformes	25
III .2.2.2. Recherche des streptocoques.....	26
III .2.2.3. Recherche des spores des clostridium.....	27

Chapitre IV. Résultats et interprétations

IV.1. Paramètres physico-chimique	29
IV.1.1. Analyse partielle	29
IV.1.1.1. pH	29
IV.1.1.2. Conductivité électrique	30
IV.1.1.3. Turbidité	30

SOMMAIRE:

IV.1.2. Analyse complète	31
IV.1.2.1. Dureté.....	31
IV.1.2.2. TAC	32
IV.1.2.3. TA	33
IV.1.2.4. Les chlorures	33
IV.1.2.5. Calcium	34
IV.1.2.5. les sulfates	35
IV.1.2.6. les nitrates.....	36
IV.1.2.7. les nitrites	36
IV.1.2.8. les cyanures	37
IV.4.2. Paramètre bactériologique	38
Conclusion	40
Références bibliographiques	41
Annexe	

Introduction

L'eau est une ressource indispensable à la vie. D'habitude, quand les personnes pensent à propos des sources d'eau, ils pensent à des rivières et des cours d'eau; en d'autres mots, eaux de surface. Mais, de toute l'eau douce utilisable dans le monde, approximativement 97 % est de l'eau souterraine.

L'eau souterraine, bien qu'elle soit cachée et invisible, est fragile et souvent vulnérable aux nombreuses sources de contamination découlant des activités humaines. Le traitement d'une eau souterraine contaminée peut s'avérer long et coûteux, voire impossible dans certains cas. Voilà pourquoi il est impérieux de la protéger adéquatement afin de minimiser les risques de contamination qui la menacent (**Myrand, 2008**).

L'eau destinée à l'alimentation humaine doit présenter un certain nombre de critères aussi bien organoleptique, physicochimique et microbiologique car, elle constitue un réservoir important pour la survie et la dissémination de microorganisme (bactéries, virus, protozoaires et parasites), ce qui la rend impropre à la consommation humaine. Ces microorganismes véhiculés directement ou indirectement, sont pathogènes pour l'homme. Ils sont à l'origine de nombreuses maladies infectieuses (Choléra, hépatite A...etc.) dites maladies à transmission hydrique (**Nanfack et al, 2014**).

La pollution des eaux peut être minérale ou microbiologique. Les eaux de surface sont très polluées contrairement aux eaux souterraines, qui sont bien protégées. Les eaux polluées doivent subir différents traitement: physique, chimique et biologique, selon le degré et la nature de la pollution, afin de les rendre potables (**Cuq, 2007**).

L'eau est devenue un enjeu stratégique mondial dont la gestion, doit impérativement s'intégrer dans une perspective politique de développement durable. Certains affirment en effet qu'elle sera, au troisième millénaire, un enjeu de guerres comme le pétrole l'a été et l'est encore aujourd'hui (**Garcia, 2006**).

En Algérie, l'eau est une ressource de plus en plus précieuse. La concurrence que se livrent l'agriculture, l'industrie et l'alimentation en eau potable pour avoir accès à des disponibilités limitées en eau (**Remini, 2010**).

Introduction :

Ce travail a pour but d'évaluer et caractériser la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau potable d'origine souterraine, distribuée dans la zone du Hamma Bouziane, une commune de la wilaya de Constantine. Le mémoire présenté est structuré comme suit:

- ✓ On commence par une introduction générale sur l'eau dans le monde
- ✓ Dans le premier chapitre, nous avons présentés une synthèse bibliographique.
- ✓ Le deuxième sera consacré à la présentation de la région d'étude, alors que le troisième chapitre est réservé aux matériel et méthodes utilisés pour la réalisation de ce travail.
- ✓ Cependant, dans le dernier chapitre nous exposerons les résultats obtenus et leur discussion.
- ✓ Enfin, on termine avec une conclusion.

Chapitre I. Synthèse bibliographique

I.1. Ressource en eau potable

L'eau est un élément essentiel au fonctionnement de tout écosystème, mais aussi des activités humaines (agriculture, industrie) et de notre vie de tous les jours. La plus grande partie des eaux du globe terrestre sont marines (97%). Les eaux douces ne représentent qu'une partie mineure. Elles constituent cependant une source importante d'eau potable (**Boucenna, 2009**).

I.2. Les eaux de surface

Les eaux de surface sont constituées par les eaux des rivières, des fleuves, des étangs, des lacs, des barrages, des réservoirs, des glaciers. Il s'agit d'une masse d'eau bien individualisée, solide ou liquide, immobile ou en mouvement (**Manceur et Djaballah, 2016**).

I.3. Les eaux souterraines

Les eaux potables d'origine souterraines proviennent de deux sources essentielles: les nappes profondes et les nappes phréatiques. Les eaux des nappes profondes sont bien protégées des contaminants microbiens. Par contre, elles sont beaucoup plus accessibles aux souillures chimiques tels que les nitrates, les hydrocarbures, les détergents, les pesticides, les métaux, etc. En dépit de ce danger, les eaux profondes lorsqu'elles sont potables, sont idéales pour le consommateur (**Manceur et Djaballah, 2016**).

I.4. Les paramètres de qualité des eaux potables et leurs normes

L'eau doit répondre à des critères de la qualité très stricte fixée par le ministre de la santé et le conseil supérieur du secteur d'hygiène publique (**Zanat, 2009**).

I.4.1. Les paramètres physico-chimiques

Les scientifiques évaluent la qualité de l'eau souterraine en mesurant les quantités des divers constituants contenus dans l'eau. Ces quantités sont souvent exprimées en milligrammes par litre (mg/l).

I.4.1.1. Les paramètres physiques

- **Température**

La température de l'eau joue un rôle important en ce qui concerne la solubilité des sels et des gaz. Les vitesses des réactions chimiques et biochimiques sont accrues par la température d'un facteur 2 à 3 pour une augmentation de température de 10°C. Dès que l'on augmente la température de l'eau, l'activité métabolique des organismes aquatiques est alors accélérée (**Rodier, 1984**).

- **Potentiel Hydrogène (pH)**

Le pH mesurant l'acidité d'une solution, est défini par l'expression $\text{pH} = -\log H^+$ où (H^+) est l'activité de l'ion hydrogène H^+ dans la solution (**Ramade, 1998**). Les équilibres physico-chimiques sont conditionnés par le pH. Il intervient avec d'autres paramètres comme la dureté, l'alcalinité et la température, habituellement il varie entre 7,2 et 7,6 (**Bremond et al, 1973**). Il ressort que le pH n'a qu'un effet direct sur la survie et le transport des microorganismes pathogènes (**Marsily, 1995**). L'effet du pH du sol sur le transport des microorganismes pathogènes se manifeste principalement au niveau du processus d'adsorption (**Kemp et al, 1992**).

- **La conductivité électrique**

La conductivité électrique d'eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Généralement l'on considère que la situation est particulière ou anormale au-delà de 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (**Rodier et al, 2009**). Elle constitue une bonne appréciation de la minéralisation de l'eau. Une conductivité élevée une quantité de sels dissous très importante (**Rodier et al, 1996**).

- **Turbidité**

La turbidité d'une eau est due à la présence des particules en suspension, notamment colloïdales : argiles, limons, grains de silice, matières organiques, etc. L'appréciation de l'abondance de ces particules mesure son degré de turbidité. Celui-ci sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace (**Rodier et al, 2009**).

I.4.1.2. Les paramètres chimiques

I.4.1.2.1. Les ions majeurs

La minéralisation de la plupart des eaux est dominée par 8 ions, appelés couramment les majeurs. On distingue les cations : Calcium, Magnésium, Sodium, et Potassium, et anions : Chlorure, Sulfate, Nitrate, et bicarbonate.

❖ Les cations**• Calcium**

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Composant majeur de la dureté de l'eau le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Sa teneur varie essentiellement suivant la nature de terrains traversés. Il existe surtout à l'état l'hydrogénocarbonate et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorures, etc (**Rodier, 1976**).

• Magnésium

Le magnésium est un élément très répandu dans la nature et il est présent dans la plupart des eaux naturelles. Le magnésium contribue à la dureté de l'eau sans être l'élément essentiel et aussi il est indispensable pour la croissance et pour la production de certaines hormones (**SAVARY, 2010**).

• Potassium

Le potassium est le cation le plus abondant du liquide intracellulaire et joue un rôle important dans un grand nombre de fonctions cellulaires pour lesquelles les besoins de l'organisme par jour sont importants (**Houillier et al, 2004**).

❖ Les anions**• Sulfate**

Les ions sulfates sont utilisés principalement dans l'industrie chimique. Ils sont rejetés dans l'eau à travers les déchets industriels. Cependant, les niveaux les plus élevés se produisent habituellement dans les eaux souterraines et proviennent de sources naturelles. Toutefois, dans les zones où l'approvisionnement en eau potable contenant des niveaux élevés de sulfate, l'eau potable peut constituer la principale source de consommation (**OMS, 2003**).

• Les chlorures

Les chlorures présents dans l'eau potable proviennent des eaux usées et des effluents industriels. La principale source d'exposition humaine au chlorure est l'ajout de sels aux aliments. L'apport de cette source est généralement supérieur à celui de l'eau de boisson. Les concentrations excessives de chlorure augmentent les taux de corrosion des métaux dans le

système de distribution, cela peut conduire à une augmentation des concentrations de métaux dans les systèmes d'alimentation en eau potable (OMS, 2003).

- **Alcalinité**

A l'inverse de l'acidité, l'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bases et de sels d'acides faibles. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité résulte le plus généralement à la présence d'hydrogencarbonates, carbonates et hydroxydes (Rodier et al, 2009).

1.4.1.2.2. Les éléments traces

- **Fer**

Le fer est l'un des métaux les plus abondants dans la croûte terrestre. Il se trouve dans l'eau douce naturelle à des niveaux allant de 0,5 à 50 mg /litre. Le fer peut également être présent dans l'eau de boisson à la suite de l'utilisation de coagulants de fer ou de la corrosion de l'acier et des tuyaux en fonte pendant la distribution de l'eau. Le fer présent dans l'eau potable est un élément essentiel dans la nutrition humaine (OMS, 2003).

- **Les nitrites**

Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, la nitrification n'étant pas conduite à son terme, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action de nitrifiante. Une eau qui renferme des nitrites est à considérer comme suspecte car lui est souvent associée une détérioration de la qualité microbiologique (Rodier, 1976).

- **Les nitrates**

Les nitrates constituent le stade final d'oxydation de l'azote organique. Les nitrates sont très répandus dans la plupart des eaux et dans les plantes où ils sont nécessaires à la synthèse des végétaux. Soluble dans l'eau, ils se retrouvent naturellement en faible concentration dans les eaux souterraines et superficielles. Les nitrates sont employés dans la fabrication des explosifs, dans l'industrie chimique comme oxydant, et comme conservateur dans les denrées alimentaires (SAVARY, 2010).

- **Manganèse**

Le manganèse est très répandu dans la nature. Les concentrations dans l'écorce terrestre peuvent varier de 500 à 600 mg/kg. Les minerais les plus connus sont la pyrolusite, la

rhodocrosite, la brunîtes. Certaines eaux souterraines ont des teneurs de l'ordre 1mg/l en particulier lorsqu'il y a support en milieu réducteur, ou sous l'action de certaines bactéries **(Rodier, 1976)**.

- **Arsenic**

L'arsenic est un élément naturel très répandu dans la croûte terrestre. Il est présent dans certaines réserves d'eau potable, y compris les puits. L'exposition à de fortes concentrations d'arsenic peut avoir des effets sur la santé, L'arsenic n'a ni goût ni odeur. Il est donc impossible de savoir si l'eau potable en contient. Parce que l'arsenic peut causer le cancer, il faut limiter le plus possible les concentrations d'arsenic dans l'eau potable **(Ministre de la Santé, 2006)**.

- **Zinc**

Le zinc est un oligo-élément essentiel qui se trouve dans presque tous les aliments et dans l'eau potable sous forme de sels ou de complexes organiques. Le régime alimentaire est normalement la principale source de zinc. Bien que les niveaux de zinc dans les eaux de surface et les eaux souterraines ne dépassent pas 0,01 et 0,05 mg /litre, respectivement, les concentrations dans l'eau du robinet peut être beaucoup plus élevée à cause de la dissolution de zinc à partir de tuyaux **(OMS, 2003)**.

- **Argent**

L'argent se présente à l'état natif sous forme de minerai, ou associé à des minerais de plomb, d'or, de cuivre et de zinc. Il est pratiquement inexistant dans l'eau, et il arrive que la teneur soit élevée dans l'eau de robinet du fait de sa présence à l'état de traces dans certains accessoires de plomberie **(SAVARY, 2010)**.

- **Cuivre**

Le cuivre se présente dans la nature sous forme de minérale de cuivre natif. De minerais oxydés ou sulfurés, à l'air, il se recouvre d'une mince couche de carbonate basique **(Rodier, 1976)**.

I.4.1.3. Dureté

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques à l'exception de ceux des métaux alcalins et de

l'ion hydrogène. Dans la plupart des cas la dureté est surtout due aux ions calcium et magnésium auxquels s'ajoutent quelquefois les ions fer, aluminium. Elle s'exprime en milliéquivalents de concentration en CaCO₃. Elle est aussi très souvent donnée en degrés Français (**Rodier et al, 2009**).

I.4.2. Les paramètres bactériologiques

L'eau potable ne doit pas contenir de micro-organismes pathogènes et doit être libre de bactéries indicatrices de contamination fécale.

I.4.2.1. Les coliformes totaux

Sous le terme de « coliformes » est regroupé un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant en fait à la famille des *Enterobacteriaceae*, correspondent à des bacilles Gram négatif, non sporulés, aéro/anaérobies facultatifs, possèdent des propriétés caractéristiques de structure et de culture à 35-37°C, ils sont sensibles au chlore (**Hamed et al, 2012**).

I.4.2.2. Les coliformes fécaux

Les coliformes fécaux sont un sous-groupe de coliformes totaux, l'existence de ces germes peut être une indication de la présence des micro-organismes, comme les salmonelles. Un autre test peut fournir les mêmes indications que celles fournies par le dénombrement des coliformes fécaux, c'est le dénombrement des *E. coli* présumés (**Debabza, 2005**).

- ***E. coli***: L'espèce la plus fréquemment associée aux coliformes fécaux est *E. coli* représente toutefois 80 à 90% des coliformes thermo-tolérants détectés. L'OMS (2004), n'énonce que la présence d'*E.coli*, apporte la preuve incontestable d'une pollution fécale récente (**Maiga, 2005**).
- **Intérêt de la recherche et de dénombrement d'*E. coli***: Selon l'OMS, l'indicateur le plus précis pour estimer la pollution fécale est en fait *E. coli*, en raison de son abondance dans les fèces humaines (jusqu'à 1 milliard de bactéries par gramme de matière fraîche), et de sa persistance pour être recherché (sa durée de détection dans l'eau à 20°C varie d'une semaine à un mois) (**Debabza, 2005**).

I.4.2.3. Streptocoques fécaux (Les entérocoques)

Les streptocoques fécaux sont en grande partie d'origine humaine. Cependant, certaines bactéries classées dans ce groupe peuvent être trouvées également dans les fèces animales, ou se rencontrent sur les végétaux. Ils sont néanmoins considérés comme indicateurs d'une pollution fécale. et leur principal intérêt réside dans le fait qu'ils sont résistants à la dessiccation. Ils apportent donc une information

supplémentaire sur une pollution. L'identification de streptocoques fécaux donnera une confirmation importante du caractère fécal de pollution.

- **Intérêt du dénombrement des streptocoques fécaux:** L'apport d'entérocoques par rapport aux coliformes consiste en leur plus grande résistance dans les eaux naturelles. Leur présence serait donc le signe d'une contamination fécale de l'eau plus ancienne (Maiga, 2005).

I.4.3. Normes de potabilité

Les normes définissant une eau potable sont variables suivant la législation en vigueur, qui permet de protéger les personnes dont la santé est les plus fragiles (Zanat, 2009).

Tableau 1. Normes OMS et algériennes des paramètres physico-chimique pour l'eau potable (OMS, 2003).

Substances	Unité	Normes OMS	Normes algériennes
Turbidité	NTU	<2,5	<2
Température	C°	<25	<5
TA	mg/l	<15	<5
TAC	mg/l	<15	<
Calcium	mg/l	<270	<200
Magnésium	mg/l	<50	<150
Chlorure	mg/l	<250	<500
Concentration en ions hydrogène	PH	≥ 6,5 et ≤ 9,5	≥ 6,5 et ≤ 9
Dureté	mg/l de CaCO ₃	<500	<500
Conductivité à 20°C	µS/cm	<2100	<2800
Ammonium	mg/l	<0,5	<0,5
Potassium	mg/l	<20	<12
Aluminium	mg/l	<0,2	<0,2
Cadmium	µg/l	<3	<3
Cuivre	mg/l	<2	<2
oxygène dissous	O ₂	<6,5	Pas de valeur guide
Fluorure	mg/l	< 1,5 mg/l (jusqu'a10)	<1,5

Fer	mg/l	<0,3	<0,3
Manganèse	mg/l	<0,4	<0,05
Nitrate	mg/l	<50	<50
Nitrite	mg/l	<0,1	<0,1
Oxydabilité	mg/l O ₂	<5	<5
Sulfate	mg/l	<400	<400
Zinc	mg/l	<3	<5
Phosphate	mg/l	<0,5	<0,5
Cyanure	mg/l	<0,07	<0,07
Résidu sec	mg/l	<1500	<2000

Tableau 2. Normes OMS des paramètres bactériologiques pour l'eau potable (OMS, 2003).

Variable	Concentration maximale admissible (eau désinfectée)
Coliformes totaux / 100 ml	0
Coliformes fécaux / 100	0
Streptocoques fécaux / 100 ml	0

Chapitre II. Présentations de la région d'étude

II.1. Contexte géographique et géologique de la région 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 plaines environnantes. Cette région est connue par un micro-climat humide (Gueziri et al, 2015).

(Figure 1)

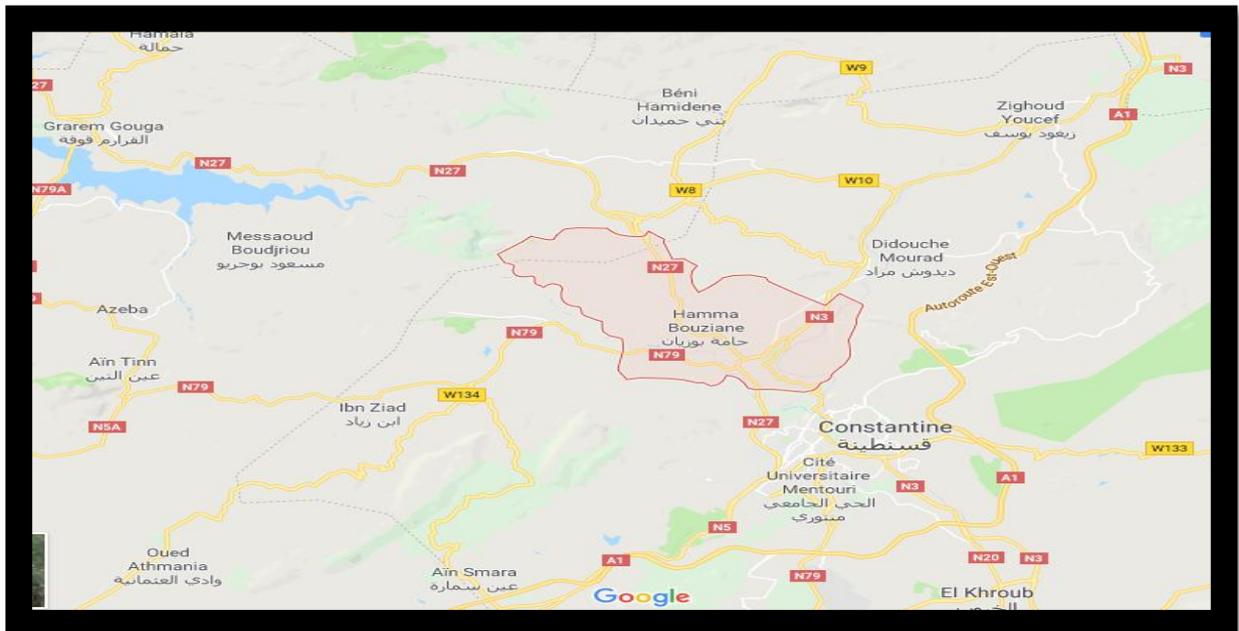


Figure 1. Situation géographique du Hamma Bouziane (Google maps, 2018).

II.2. Situation des champs captants du Hamma Bouziane

Les sources thermo minérales du Hamma à partir desquelles se sont développés les champs captants de Aïn Hammam Zaoui et Aïn Skhoun, 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). (Figure 2)

Ces champs captants alimentent en eau potable les villes suivantes :(Figure 3)

- La ville de Constantine à partir du site d'Aïn Hammam Zaoui.
- La ville de Didouche Mourad à partir du site d'Aïn Skhoun.
- La ville de Hamma Bouziane à partir du site du forage F2.
- La ville de Zighoud Yousef à partir du site d'Aïn Skhoun.

(Algérienne des eaux, 2006).

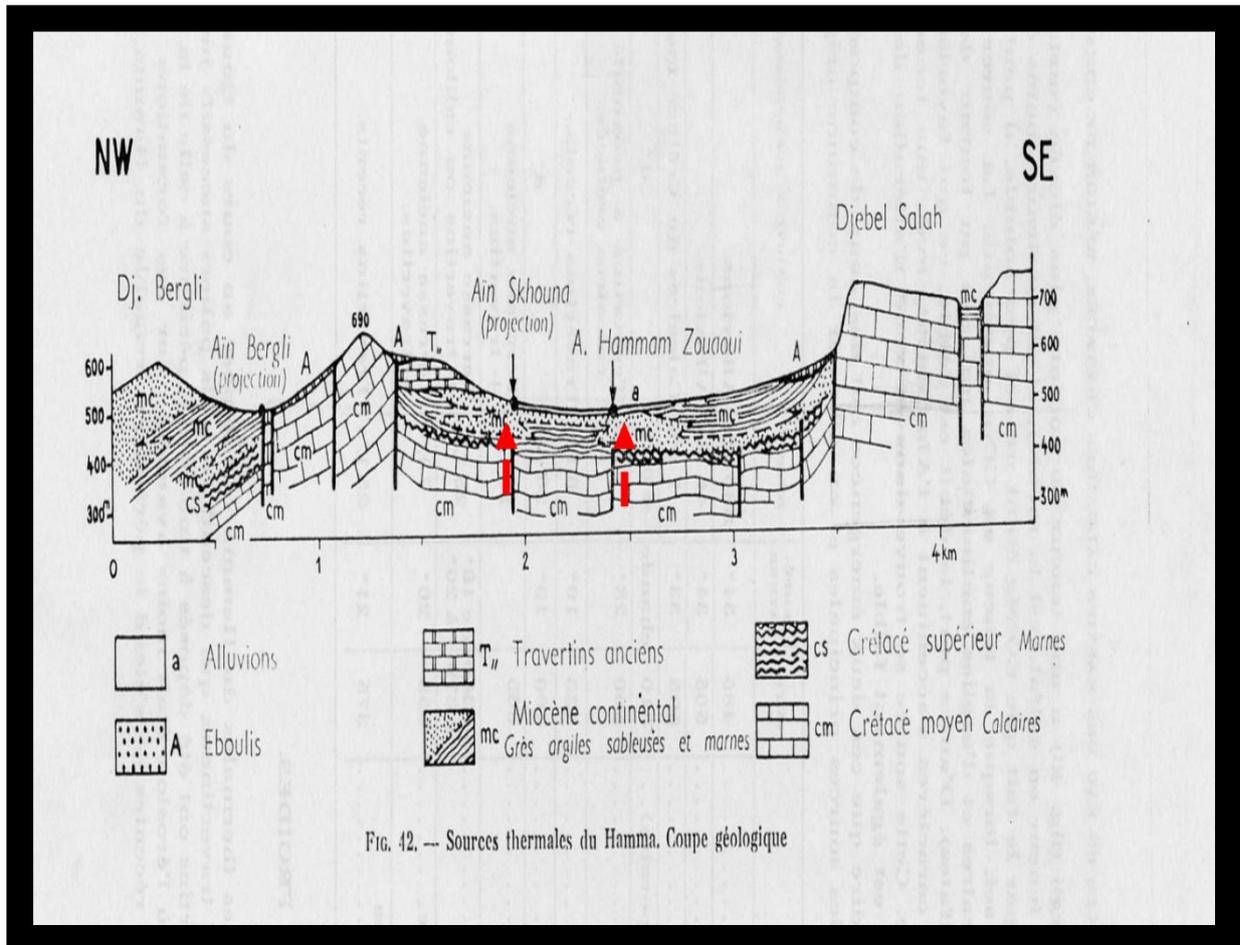


Figure 2. Coupe géologique du Hamma Bouziane (selon Durozoy, 1955) (Algérienne des eaux, 2006).



Figure 3. Situation des champs captant de Hammam Zaoui et Ain Skhoun (**Dumas, 2015**).

II.3. Aperçu hydrogéologique des champs captants

II.3.1. Aïn Hammam Zaoui

Dans cette région, la source principale est l'Aïn Hammam Zaoui. Le débit naturel de cette source qualifiée de « plus belle source d'Algérie » par le géologue Durozoy, avait été estimé à 800 l/s (avant la réalisation des forages dont la première remonte à 1974). La température en sortie de la source est de 34°. Les griffons de cette source sont disséminés dans un vaste bassin naturel encombré de roseaux et entourés d'arbres. Les calcaires crétacés situés à une profondeur de 100 mètres au droit de la source, constituent le réservoir d'eau thermale. Dans ces calcaires, l'eau thermale est maintenue en pression et circule dans un réseau de conduits karstiques et de fractures. La circulation ascensionnelle de l'eau se fait à partir de « cheminées » naturelles creusées dans les marnes et les sables argileux du miocène et du quaternaire (Figure 3). Cette ressource est utilisée pour l'alimentation en eau potable du Groupement Urbain de Constantine, mais aussi pour l'alimentation en eau industrielle et pour l'irrigation pour le périmètre du Hamma. Il y a 7 forages pour ce champs captant (A ; B ; C ; D ; E ; F et le G qui a été construit au cours de l'année 2005). (**Algérienne des eaux, 2006**).

II.3.2. Aïn Skhoun

L'Aïn Skhoun se situe à moins d'un kilomètre au nord de l'Aïn Hammam Zaoui, en bordure de la route nationale. La source émergeait initialement dans une vasque naturelle entourée

d'arbres. En 1955, son débit était de l'ordre de 45 l/s pour une température de l'eau de 34°. Sa cote d'émergence était supérieure de 20 mètres à celle d'Hamam Zaoui. Il ya 6 forages pour ce champ captant (F1.F2. F3 .F4. F5. F6) et le F2 qui est isolé (Algérienne des eaux, 2006).

II.4. Cadre climatologique du Hamma Bouziane

Le climat du Hamma Bouziane est chaud et tempéré. La pluie dans Hamma Bouziane tombe surtout en hiver, avec relativement peu de pluie en été. La carte climatique de Köppen-Geiger y classe le climat comme étant de type Csa. En moyenne la température au Hamma Bouziane est de 16,2 C°. Il tombe en moyenne 671 mm de pluie par an (Dumas, 2015).

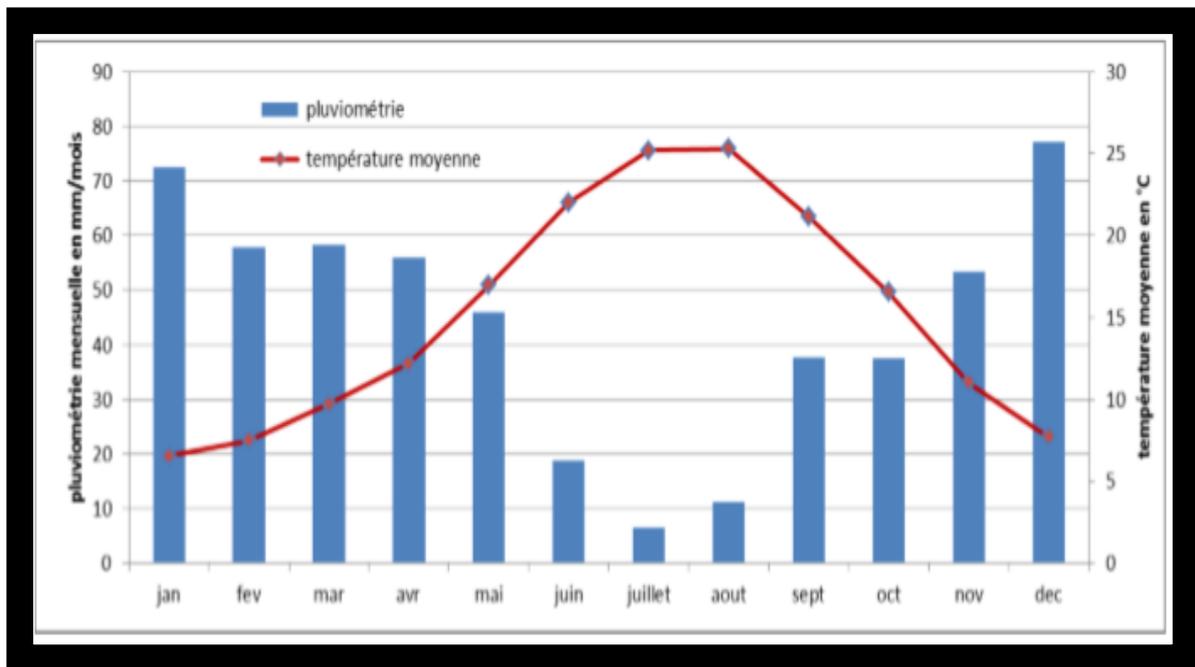


Figure 4. Données climatologiques de Constantine (station d'Ain El Bey, 1971-2006).

La saisonnalité est marquée avec des hivers frais et pluvieux et des étés chauds et secs (Dumas, 2015).

II.5. La région d'étude

Les prélèvements des échantillons analysés étaient des sites suivants :

- Station de pompage d'Aïn Skhoun.
- Réservoir Benchaoui qui est alimenté par le forage G, ce dernier fait partie du champ captant d'Aïn hammam Zaoui. (Figure 5)

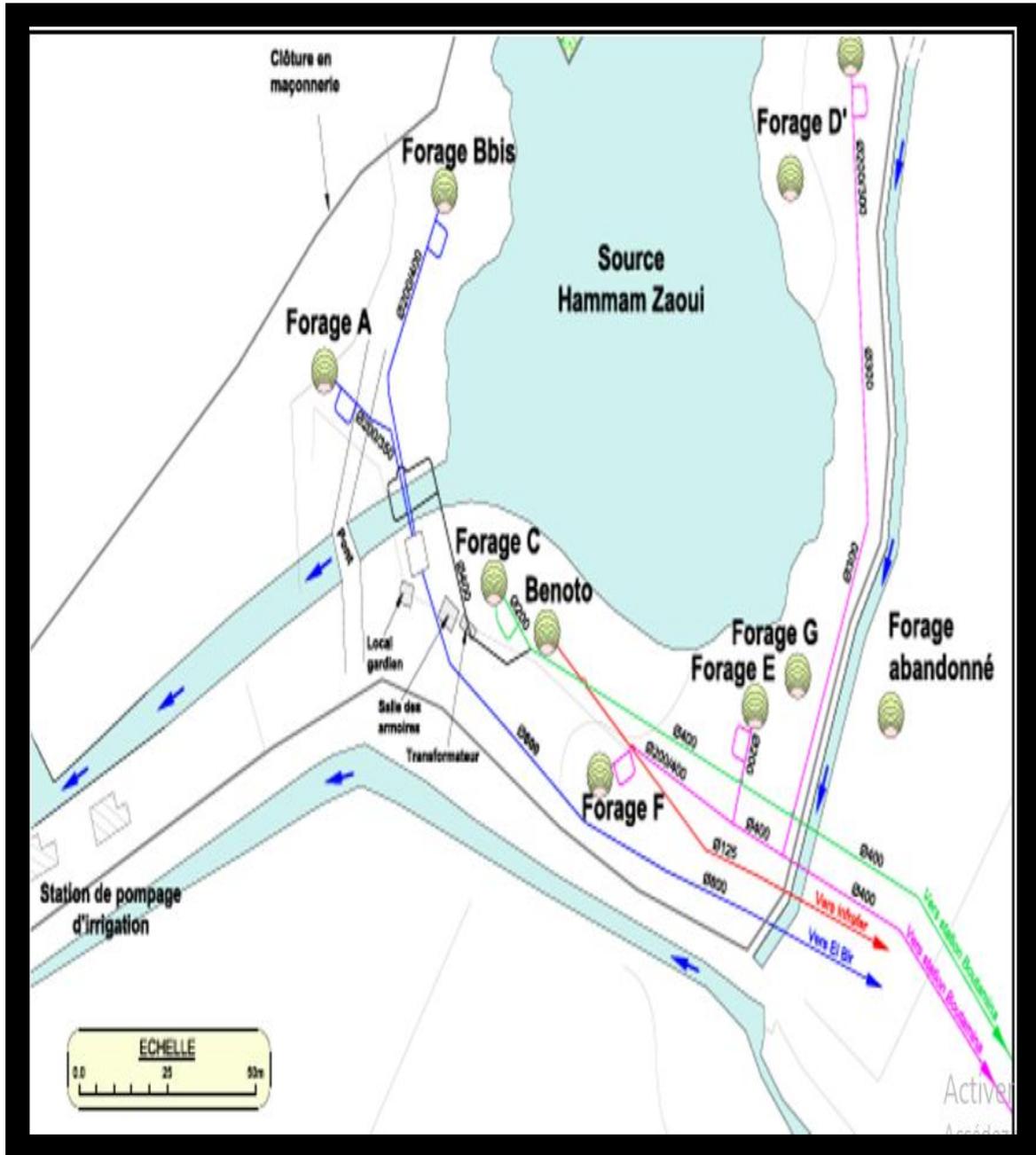


Figure 5. Installation d'Aïn Hammam Zaoui (Dumas, 2015)

- Réservoir El Ghirène qui est alimenté par le forage F2, ce dernier fait partie du champ captant Aïn Skhoun (Figure 6).

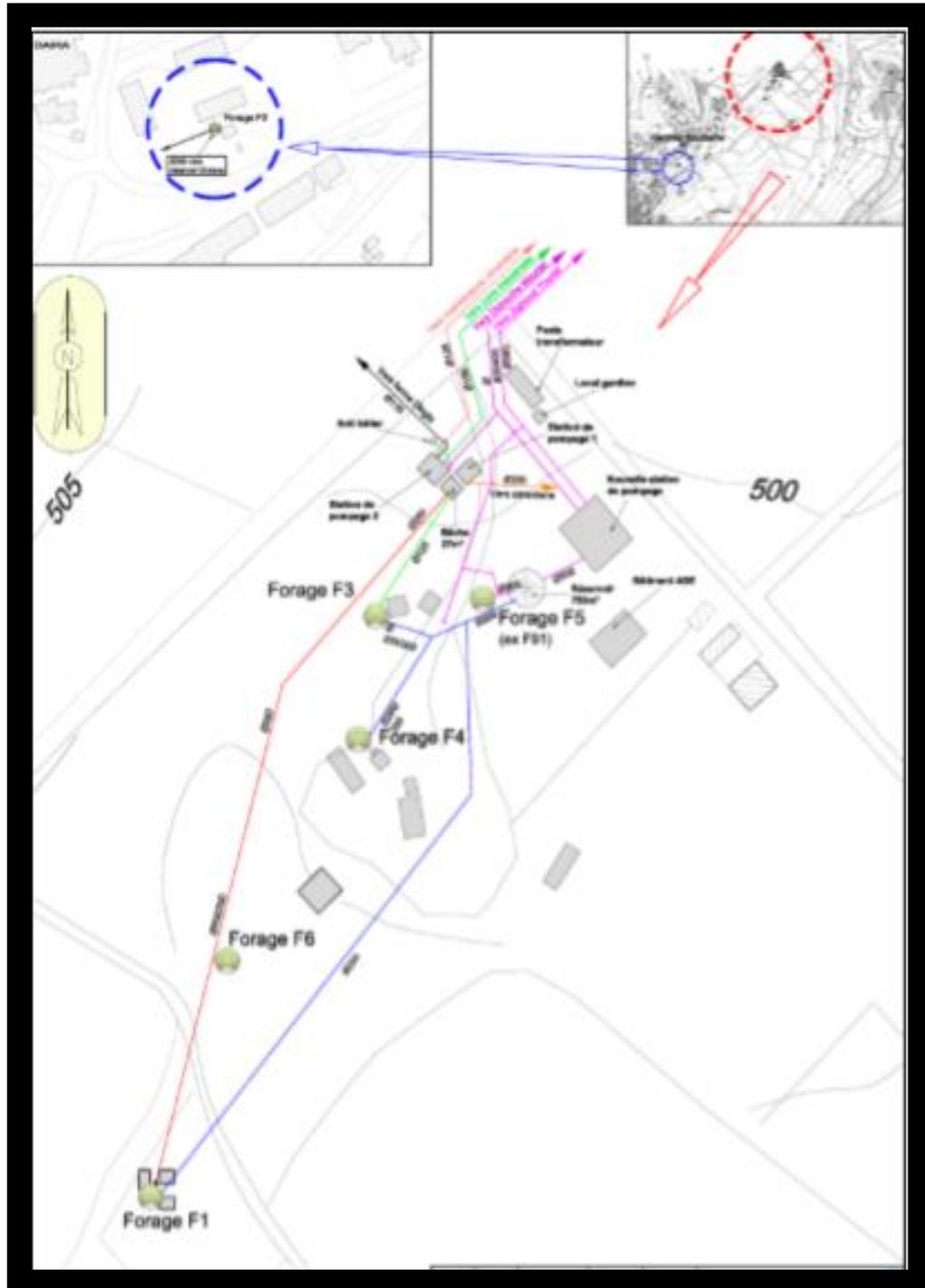


Figure 6. Installation d'Aïn Skhoun (Dumas, 2015).

- Le reste des prélèvements étaient prélevés de différentes fontaines de plusieurs endroits de la plaine du Hamma Bouziane (des maisons des citoyens, des écoles, du commissariat ... etc.). Ils sont alimentés par le forage F2,(Figure 7).

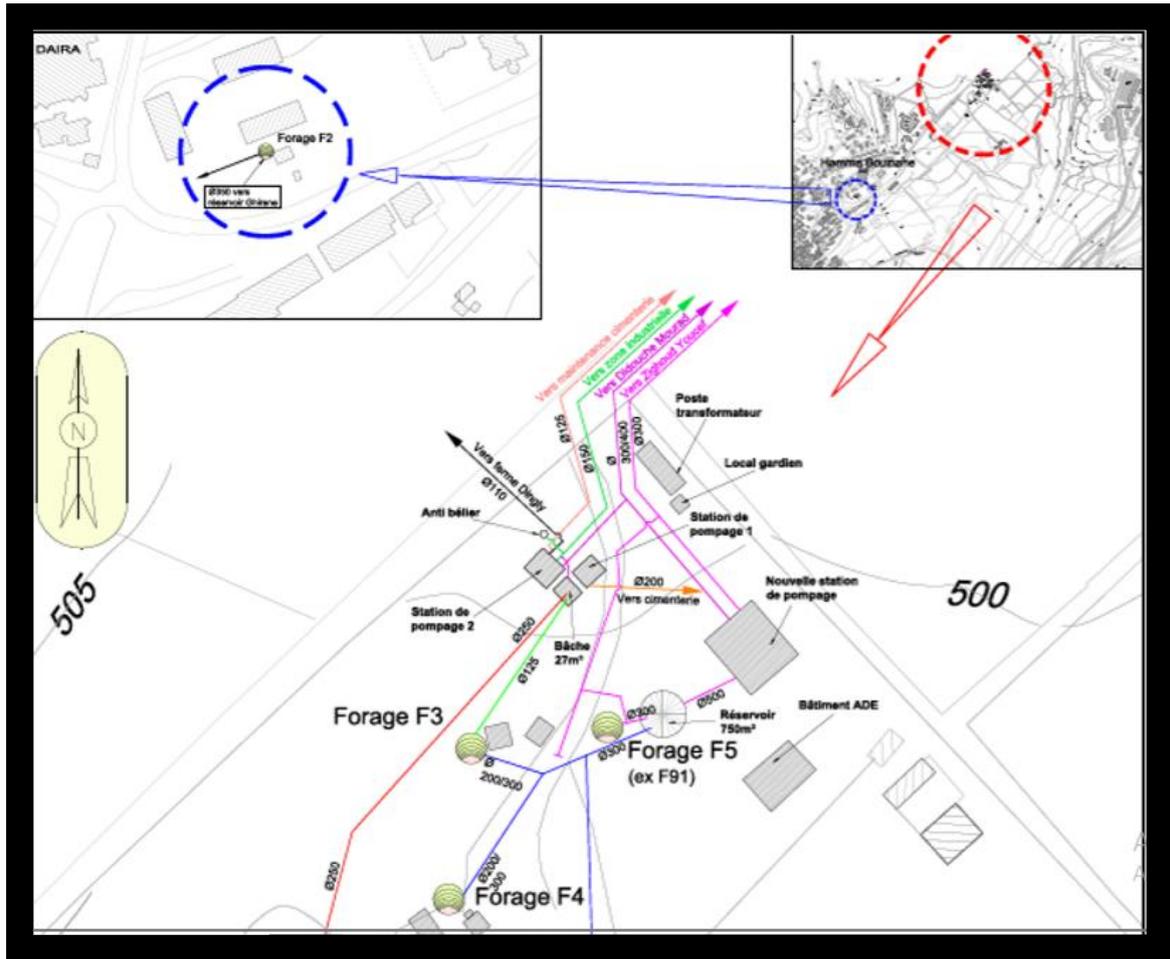


Figure 7.Emplacement du forage F2 (Dumas, 2015).

Chapitre III. Matériel et méthodes

III.1. Travail de terrain

Afin d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux potables de la plaine du Hamma Bouziane, des échantillons d'eau souterraine ont été prélevés. Les prélèvements ont été sélectionnés d'une façon bien répartie le long de la plaine depuis la station de pompage Aïn Skhoun vers CEM les Frères Ramrame. Pour l'échantillonnage, nous avons choisi, 12 points de prélèvement.

III.1.1. Localisation des sites de prélèvement

Les prélèvements des échantillons ont été effectués le 04/02/2018 au niveau des 12 lieux présentés dans le tableau ci-dessous avec la participation des membres de SEACO.

Tableau 3. Lieux de prélèvement.

Origine de prélèvement	Lieu de prélèvement	Type d'ouvrage
Hamma Bouziane (champs captants Aïn Skhoun)	Station de pompage Aïn Skhoun	Réservoir
Hamma Bouziane (puits Aïn Hammam Zaoui, G)	Réservoir Benchaoui	Réservoir
Hamma Bouziane (Puits Aïn Skhoun, F2)	Réservoir El Ghirène	Réservoir
Hamma Bouziane (F2)	Cité des carrières BT A1 N°101	fontaine
Hamma Bouziane (F2)	Cité des carrières BT C3 N°301	fontaine
Hamma Bouziane (F2)	Cité 200Logts BT B2 N° 202	fontaine
Hamma Bouziane (F2)	Cité 200 Logts BT A3 N° 302	fontaine

Hamma Bouziane (F2)	Cité Draa Benchaoui N°29	fontaine
Hamma Bouziane (F2)	Commissariat Draa Benchaoui	fontaine
Hamma Bouziane (F2)	EPSP Zouitna	fontaine
Hamma Bouziane (F2)	Primaire Saleh Ayache Zouitna	fontaine
Hamma Bouziane (F2)	CEM les Frères Ramrame	fontaine

III .1.2. Mode de prélèvement

III .1.2.1. Prélèvement d'eau pour l'analyse physico-chimique

Le prélèvement des échantillons pour l'analyse physico-chimique est d'une grande importance puisque les résultats reflètent directement les caractéristiques chimiques de l'eau prélevée. Les échantillons d'eau doivent être prélevés dans des récipients propres rincés plusieurs fois avec l'eau à analyser puis fermés hermétiquement sans laisser de bulles d'air dans le flacon. Ses flacons doivent être lisiblement étiquetés et transporter dans des glacières.

III .1.2.2. Prélèvement d'eau Pour l'analyse bactériologique

- Les conditions essentielles à respecter pour le prélèvement sont d'abord le respect des règles d'asepsie et le non modification de la flore au cours du prélèvement et du transport d'échantillons.
- Les manipulations effectuées au cours du prélèvement ne doivent en aucun cas être à l'origine d'une contamination, d'où la nécessité d'utiliser des instruments stériles et de travailler dans des conditions stériles.
- Il est nécessaire d'utiliser des flacons à usage unique et stériles ou encore des flacons propres, secs, étanches, à col large stérilisés par autoclavage à 120°C pendant 20 à 30 minutes.
- Une fois le prélèvement aseptique a été réalisé, il faut identifier le produit avec une étiquette.
- Réfrigérer les flacons au cours du transport; certains germes fragiles peuvent néanmoins disparaître au cours de cette réfrigération.

III .2. Travail de laboratoires

III .2.1. Analyses physico-chimiques

Cette analyse est divisée sur deux parties la première est l'analyse partielle elle se fait sur les 12 échantillons prélever et la deuxième est l'analyse complète se fait sur les 3 réservoirs, le but de ces analyses est l'auto contrôle des eaux potable avant consommation.

III .2.1.1. Analyse partielle

Cette analyse se fait au laboratoire d'analyse physico-chimique de SEACO sur les 12 échantillons d'eau remplit le même jour, cette analyse consiste de mesurer les paramètres suivant : température, turbidité, ph et conductivité.

III .2.1.1.1. pH

Le pH est un paramètre qui mesure l'acidité ou l'alcalinité d'un échantillon. Cette mesure est ce fait par un pH-mètre à sonde de température intégrée, On introduit l'électrode dans l'échantillon jusqu'à ce que la valeur relevée se stabilise.

III .2.1.1.2. Conductivité électrique

La conductivité est reliée à la concentration d'ions capables de conduire le courant électrique, elle permet la mesure de la quantité des ions dissous dans un solvant, elle est plus importante lorsque la température augmente. Les résultats de mesure doivent donc être présentés en termes de conductivité équivalente à 20 ou 25 C°. Elle s'exprime en $\mu\text{S}/\text{cm}$. On la détermine par un conductimètre. On introduit l'électrode dans l'échantillon, après la stabilisation de la valeur la noté (**Bourbia et Talbi, 2017**).

III .2.1.1.3. Turbidité

On mesure la turbidité en unités de turbidité néphalométriques (NTU) à l'aide d'un turbidimètre. Cet instrument envoie un rayon de lumière à travers un échantillon d'eau et mesure la quantité de lumière qui passe à travers l'eau par rapport à la quantité de lumière qui est réfléchié par les particules dans l'eau (**GRHMSM, 2011**).

III .2.1.2. Analyse complète

L'analyse complète se fait sur les trois réservoirs, elle a été réalisée avec madame Bossof Ikram une des membres du laboratoire physico-chimique.

III .2.1.2.1.Matériel et réactifs

- **Réactifs**

nous avons utilisés des réactifs pré-dosé :Chlorure LCK311 , Phosphate LCK349 , Zinc LCK36 , Fluorure LCK311 , Fer LCK321 , Cuivre LCK529 , Manganèse LCW032 , Nitrite LCK342 , Nitrate LCK339 , Sulfate LCK353 ,Ammonium LCK304,AluminiumLCK301, Cadmium LCK308, Zinc LCK701...

Ces réactifs prés-dosés sont des tests en cuve utilisés pour une sécurité optimale. Ils sont simple a manipulés et idéal pour l'évaluation photométrique, ces derniers sont conditionnés dans des boîtiers emballés entièrement équipés. Reconnu officiellement conforme aux normes autorisées. L'étiquette de code à barres tient compte de la reconnaissance automatique dans le spectrophotomètre, ils sont respectueux de l'environnement car ils réduisent l'excès de l'utilisation des produits chimiques.

Mode opératoire des réactifs prés-dosés

- Sortir les échantillons et les réactifs du réfrigérateur un certain temps avant de les utiliser pour qu'ils soient à température ;
- Eviter l'exposition des échantillons et des réactifs à la lumière directe du soleil ;
- Eviter le stockage des échantillons et des réactifs près d'un radiateur ;
- Suivre les étapes de dosage indiqué dans les boites;
- Utiliser avant chaque manipulation un tube de réactif comme témoin ;
- Faire la lecture au spectrophotomètre.



Figure 8. Des photos des réactifs pré-dosés.

Autres réactifs pour la méthode volumétrique : acide sulfurique, EDTA, Murexide, solution NH_4OH , solution de NaOH , nitrate d'argent AgNO_3^- , méthyle orange.

- **Appareillage**

Conductimètre, pH-mètre turbidimètre, dessiccateur, distillateur, agitateur magnétique, barreau magnétique, spectrophotomètre, bloc thermique.

III .2.1.2.2. La méthode volumétrique

- **Dureté**

Une eau est dite "dure" lorsqu'elle est fortement chargée en ions calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+}), par opposition, "douce" lorsqu'elle contient peu de ces ions.

Mode opératoire

- 50ml d'eau a analysé ;
- Ajouter 4 ml de solution NH_4OH ;
- Ajouter une pincée de l'indicateur ;
- Titrer avec l'EDTA jusqu'au virage du violet au bleu ;

-Vérifier le titrage par l'ajout d'une goutte supplémentaire d'EDTA pour changement de coloration.

- **Calcium (Ca^{2+})**

Le calcium, élément essentiel de la dureté de l'eau, est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature.

Mode opératoire

-Eau à analyser 50 ml ;

-Ajouter 2ml de solution de NaOH et une pincée d'indicateur murexide ;

-Titre avec l'EDTA jusqu'au virage du rose violet.

- **Les chlorures**

Le chlore est un des éléments les plus important a mesurés dans les eaux potables.

Mode opératoire

-100 ml d'eau distillée et de l'eau a traité ;

-1ml de réactif de chromate de potassium ;

-Titre par le nitrate d'argent AgNO_3 jusqu'au virage du jaune au brun rougeâtre de nitrate d'argent pour changement de coloration.

- **TA (Titre Alcalimétrique)**

Le titre alcalimétrique mesure la teneur en alcalis libres (OH^-) et en carbonates (CO_3^{2-}).

Mode opératoire

- Prélever 100 ml d'eau à analyser ;

- Ajouter 1 à 2 gouttes de solution alcoolique dans le cas contraire le TA est nul ;

-Verser en suite l'acide en agitant constamment jusqu'à décoloration complète de la solution.

- **TAC (Titre Alcalimétrique Complet)**

Mesure la somme des alcalis libres, des carbonates et des bicarbonates.

Mode opératoire

- Utiliser l'échantillon traité précédemment ou le prélèvement primitif s'il n'y'a pas eu de coloration ;
- Ajouter 2 gouttes de solution de méthyle orange ;
- Titrer de nouveau avec l'acide jusqu'au virage jaune au jaune orangé.

III .2.2. Analyse bactériologique

Pour le dénombrement des coliformes, les streptocoques fécaux et les spores, la technique de filtration sur membrane a été utilisée. Cette méthode consiste à faire passer un certain volume d'échantillon (dans notre étude 100ml d'eau a analysée) à travers d'une membrane filtrante (par exemple une membrane Millipore ou Sartorius ou... de 47 mm de diamètre et dont la porosité moyenne est de 0,45 mm à 0,22 μ m) sur laquelle sont retenus les micro-organismes recherchés. Après filtration, la membrane est alors posé sur la surface d'un milieu gélosé spécifique du germe à rechercher, face portant les micro-organismes vers le haut. Après incubation, comme dans le cas de la numération en milieu gélosé, on compte les colonies formées à la surface du filtre (**Cuq, 2007**).

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

Par contre la culture en milieu liquide consiste d'estimer la présence ou l'absence des microorganismes.

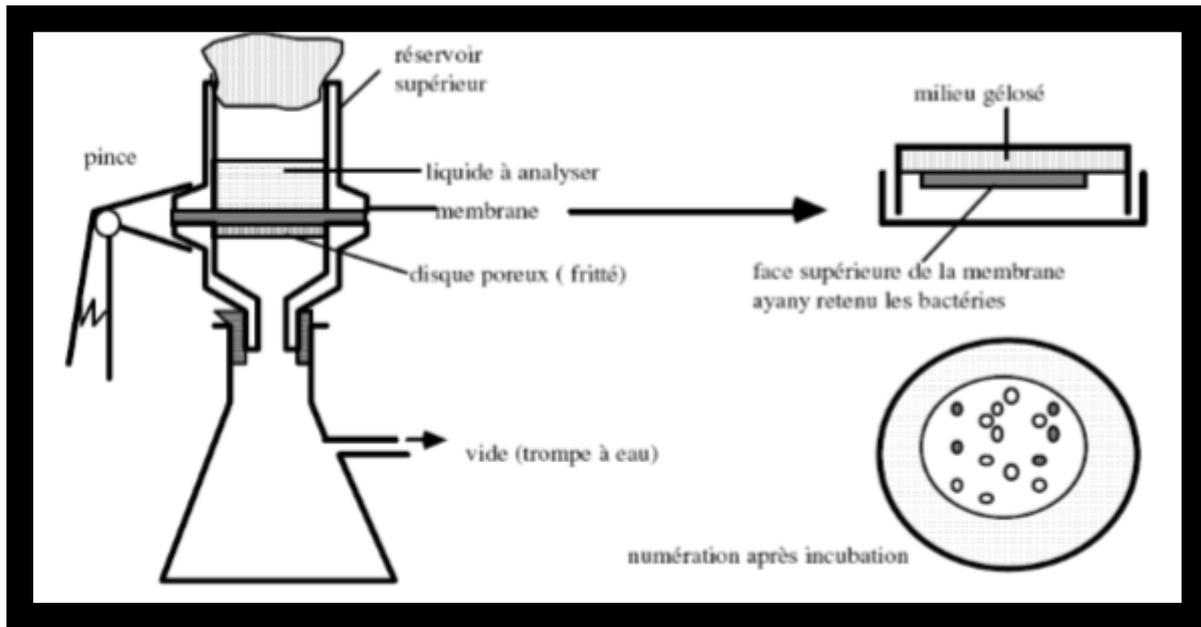


Figure 9. Schéma du principe de la technique de culture sur membrane (Cuq, 2007).

III .2.2.1. Recherche des coliformes

Les coliformes fécaux sont en fait des coliformes qui poussent à des températures plus élevées, soit à partir de 44,5 C°. Ces coliformes fécaux sont des bactéries que l'on retrouve dans la flore intestinale des animaux à sang chaud. La bactérie *Escherichia coli* (*E. coli*) fait partie des coliformes fécaux. Comme la présence de ces bactéries dans une source d'eau ne peut pas être considérée comme normale, elle peut donc représenter une menace ou l'indication d'une éventuelle dégradation de la qualité bactériologique de l'eau, due à la présence d'une contamination fécale. Le mécanisme de transport de ces bactéries dans l'eau serait surtout le ruissellement des eaux de pluies sur le bassin versant, entraînant avec lui les microorganismes contenus dans la terre (Bouchard, 2008).

La raison du choix de ce groupe de bactéries comme indicateur de contamination de l'eau est due aux facteurs suivants:

- elles se trouvent dans les excréments des animaux à sang chaud, y compris les humains ;
- Elles sont facilement détectables et quantifiables par des techniques simples et économiquement viables, sur n'importe quel type d'eau;
- Sa concentration dans l'eau contaminée à une relation directe avec le degré de contamination fécale de cette dernière;

- Elles sont plus résistantes aux désinfectants et aux agents tensioactifs que les bactéries pathogènes (**Fondation National de la Santé, 2013**).

Le dénombrement des coliformes s'effectue dans la gélose lactosée tergitol en utilisant la technique de filtration sur membrane sur des 12 échantillons prélevés.

III .2.2.2. Recherche des streptoques

Le milieu slanetz est un milieu de dénombrement des streptocoques fécaux. Il contient l'azide de sodium qui inhibe les gram négatifs et sélectionne les Streptocoques. La réduction du TTC donne une coloration rose aux bactéries.

Comme pour les coliformes on utilise la technique de filtration sur membrane mais la culture se fait sur le milieu de cultures slanetz et l'incubation se fait à 44 C° pendant 24 à 48 heures.

Pour effectuer cette analyse (les deux analyses de coliformes et de streptocoques se font de même manière).

Mode opératoire

Nous avons commencés par les six 6 premiers échantillons

- Placer les échantillons devant les entonnoirs et toujours avoir un bec bunsen à coté
- Les entonnoirs sont liés à une pompe de filtration ;
- Bien stériliser les entonnoirs avec le bec bunsen avant utilisation ;
- Stériliser la pince et l'utiliser à placé la membrane filtrante à l'intérieure des entonnoirs puis les biens fermés ;
- Agiter bien le flacon d'eau à tester et le stériliser avant de l'ouvrir ;
- Verser 100 ml d'eau dans la partie supérieure de l'entonnoir puis refermer l'entonnoir et stériliser le flacon avant de le fermer ;
- Allumer la pompe de filtration et attendre quelques secondes ;
- Ouvrir les entonnoirs et retirer la membrane filtrante avec une pince stérilisée;
- Placer la membrane filtrante qui contiennent les microorganismes directement dans les boites de pétri ;

- Etiqueter les boîtes de pétri et incuber à l'autoclave à 37 °C pendant 48 h ;
- Utiliser une boîte de pétri de gélose térgitol et une autre de slanetz vide comme témoin.

Refaire la même méthode avec les autres six flacons incubés à l'autoclave 48h.



Figure10. Des photos étapes de l'analyse.

III .2.2.3. Recherche des spores des Clostridium

La recherche et le dénombrement des spores de Clostridium sulfito-réducteurs est faite dans deux buts très différents :

- Clostridium perfringens de type A est recherché car parfois responsable d'intoxications alimentaires
- les Clostridium sulfito-réducteurs (ou leurs spores), bactéries commensales de l'intestin, sont dénombrées afin de rechercher une contamination fécale. (Larcher, 2017).

Mode opératoire

Au niveau de la SEACO cette analyse se fait uniquement sur les puits Aïn Skhoun, El Ghirène et Benchaoui, donc nous avons trois 3 flacons à tester ;

- Prendre 20 ml de chaque échantillon à tester et le diviser par 4 tube durham, 5 ml chacun ;
- Mettre les tubes durhams au bain marie pendant 15 min à 75 C° ;
- Liquéfier la viande-foie à 100C° au bain marie ;
- Retirer les tubes durhams du bain mari et laisser refroidir ;
- Remplir les tubes avec le milieu de culture et les biens fermés ;
- Remplir un tube de la gélose viande-foie et l'utiliser comme témoin ;
- Incubation dans l'autoclave pendant 48 h à 37 C° .



Photo 11. Photo d'incubation à l'autoclave.

Chapitre IV. Résultats et interprétations

Les concentrations des différents paramètres sont représentées dans les histogrammes ci-après. Ces résultats déterminent la qualité de l'eau potable distribués au Hamma Bouziane.

IV.1. Paramètres physico-chimique

L'analyse des paramètres physico-chimiques est divisée sur deux parties la première est l'analyse partielle elle est faite sur tous les échantillons de R1 jusqu'à f 12 et une deuxième complète faite sur les 3 réservoirs, R1, R2 et R3.

Afin d'étudier la potabilité de l'eau souterraine de la plaine de Hamma Bouziane, nous avons comparées nos résultats, avec les normes algériennes et les normes de l'OMS (Tableau 1 et 2). Les teneurs supérieures peuvent être dangereuses pour la santé du consommateur.

IV.1.1 Analyse partielle

IV.1.1.1. pH

Le pH de l'eau peut influencer sur les caractéristiques physiques, chimiques et bactériologiques. L'eau acide peut mobiliser certains métaux du sol et des réseaux de tuyauterie, ce qui augmente leur biodisponibilité et change leur toxicité. Le changement de toxicité causé par une variation de pH est toutefois propre à chaque métal et à chaque organisme (CFPTEP, 2015).

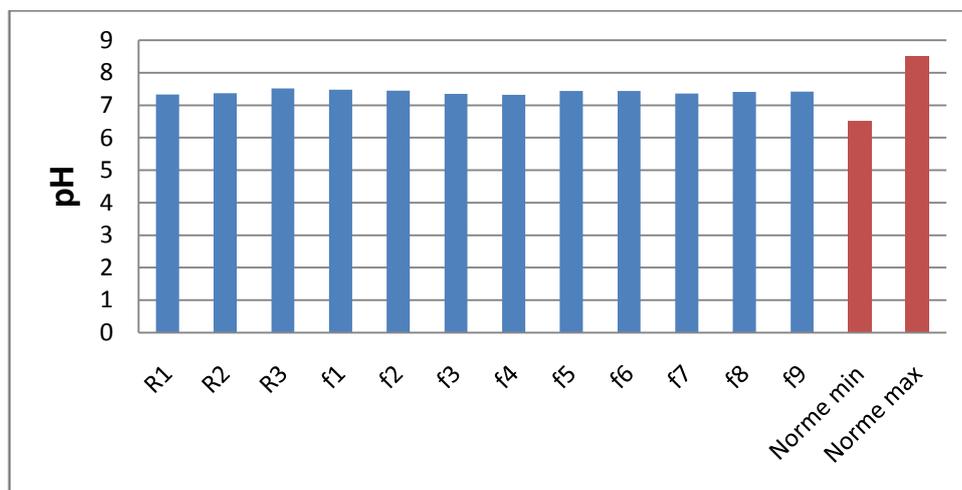


Figure 12. La variaton du pH des eaux étudiées.

Dans le cas de la région d'étude, les valeurs du pH enregistrées ne montrent pas de variations notables, elles varient entre 7,32 et 7,52. On observe que les réservoirs respectent les normes Algériennes, qui fixent des valeurs de pH entre 6,5 et 8,5. Alors selon les résultats de ce paramètre, la qualité de l'eau au niveau de la région d'étude est excellente.

IV.1.1.2. Conductivité électrique

La conductivité électrique de l'eau est une mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique (capacité de l'eau à permettre le passage d'un courant électrique). La conductivité électrique de l'eau est une mesure indirecte de la teneur de l'eau en ions (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- ,.....) qui sont formées par la solution des sels minéraux dans l'eau. La conductivité donne une idée de la minéralisation d'une eau est à ce titre un bon marqueur de l'origine d'une eau (HCEFLCD, 2006).

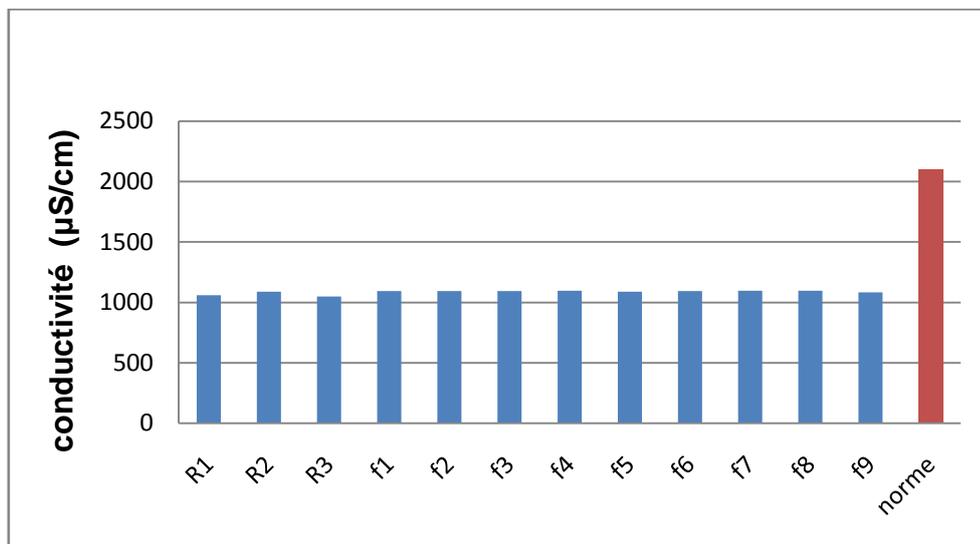


Figure 13. La variation de la conductivité des eaux étudiées.

Les résultats obtenus montrent que la conductivité de l'eau de consommation dans la plaine de Hamma Bouziane est généralement dans la norme, elles varient entre 1048 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 1096 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ces résultats sont conformes aux normes et inférieurs à la valeur limite fixée par la norme Algérienne (moins de 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

IV.1.1.2. Turbidité

La turbidité de l'eau distribuée ne doit jamais dépasser 5 NTU pour tous les systèmes de distribution d'après les normes Algérienne. Les résultats des analyses obtenues à l'aide d'un Turbidimètre déterminent une variation entre 0,28 NTU et 1,93 NTU.

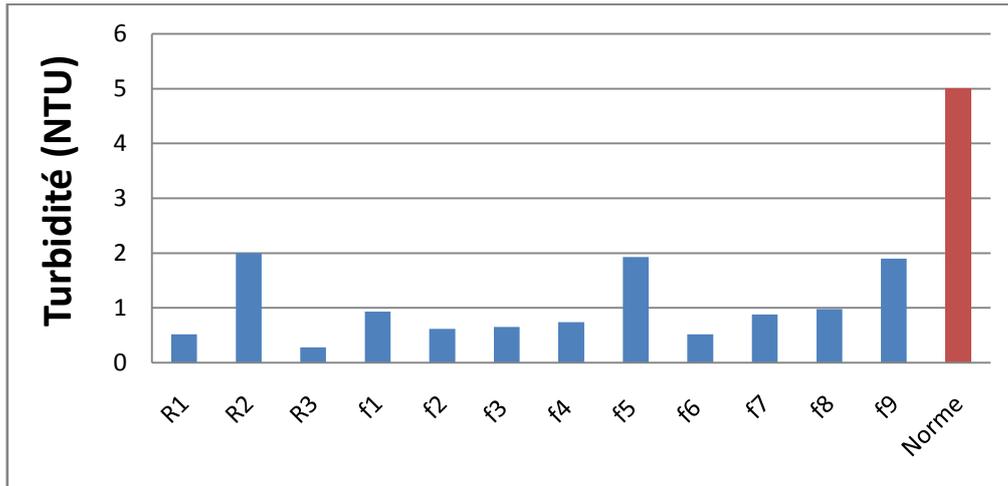


Figure 14. La variation de la turbidité des eaux étudiées.

Dans le cas de la région d'étude les valeurs obtenues restent dans la norme. La turbidité de l'eau souterraine est généralement surtout inorganique et causée par des facteurs géologiques naturels (GRHMSM, 2011).

IV.1.2. Analyse complète

IV.1.2.1. Dureté

La dureté est principalement causée par la présence de calcium et de magnésium dans l'eau et elle est exprimée en mg/L de CaCO_3 . En général, la dureté carbonatée est définie par la concentration dans l'eau des cations Ca_{2+} et Mg_{2+} qui sont associés aux anions de l'alcalinité (HCO_3^- et CO_3^{2-}). En général, l'eau qui présente une concentration de carbonate de calcium inférieure à 75 mg/L est considérée comme de l'eau douce; entre 75 et 150 mg/L, on parle d'eau à dureté moyenne; entre 150 et 300 mg/L, d'eau dure; et à plus de 300 mg/L, d'eau à dureté élevée (CFPTEP, 2015). Les valeurs de la dureté de l'eau étudiée varie entre 420mg/l et 470mg/l.

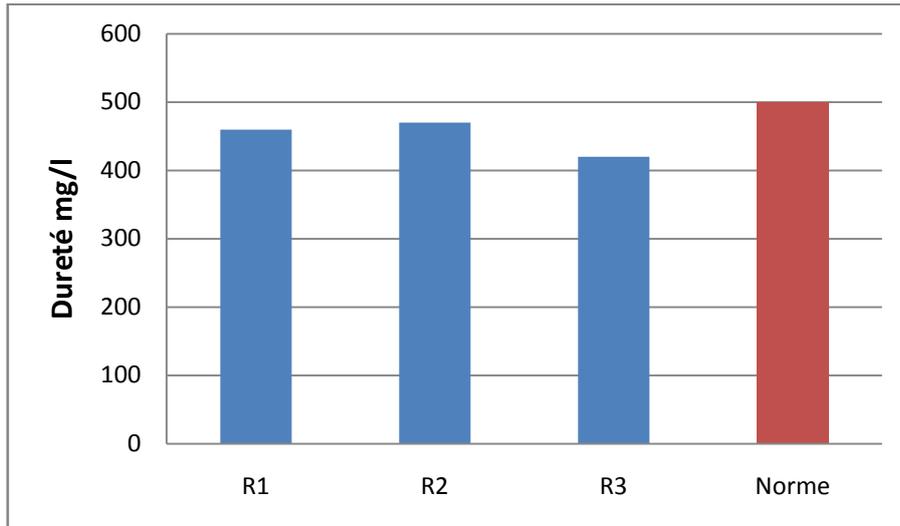


Figure 15. La variation de la dureté des eaux étudiées.

On constate que l'eau de consommation de la ville de Hamma Bouziane est de dureté très élevée. Ce qui permet d'entartrer facilement les canalisations et contribue à augmenter la consommation de lessivage (**Ghizellaoui et al, 2011**).

IV.1.2.2. TAC

Le TAC représente la concentration en ions carbonates, bicarbonates et hydroxydes présents dans l'eau. Les résultats varient entre 450 ml/L et 512 ml/L. En comparant ces résultats avec les normes Internationales de l'OMS.

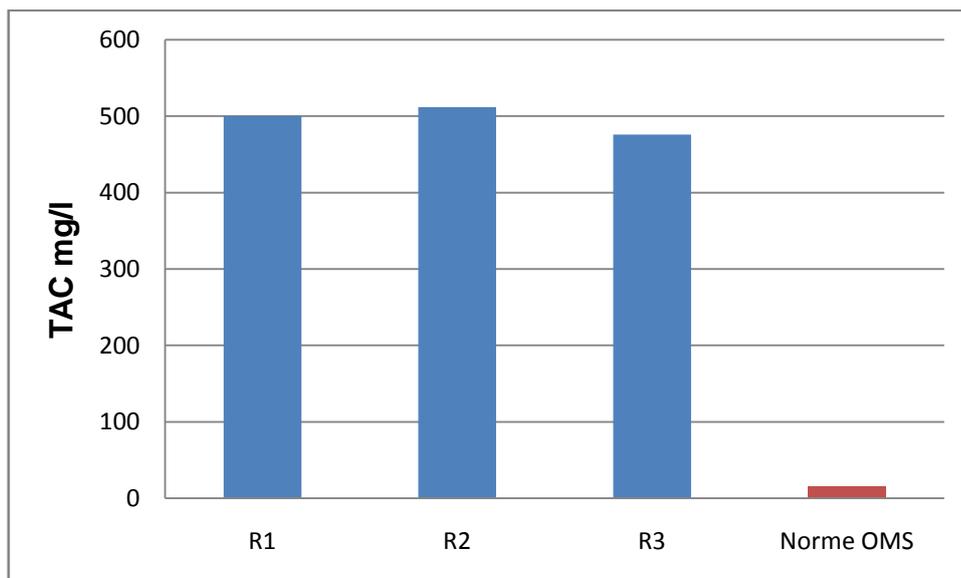


Figure 16. La variation du TAC des eaux étudiées.

Nous constatons que l'eau de Hamma Bouziane est très riche en bicarbonate. Ces teneurs confirment son origine bicarbonatée, les normes algériennes ne fixent aucune valeur pour ce paramètre, puisque, quel que soit les teneurs en bicarbonate dans les eaux de consommation, la potabilité n'est pas affectée.

IV.1.2.3. TA

Le titre alcalimétrique permet d'apprécier la concentration de tous les carbonates et bicarbonates dans l'eau. La formation d'une couche carbonatée assurant la protection des canalisations contre certains risques de corrosion nécessite une alcalinité minimale (Kouider-Belala, 2006).

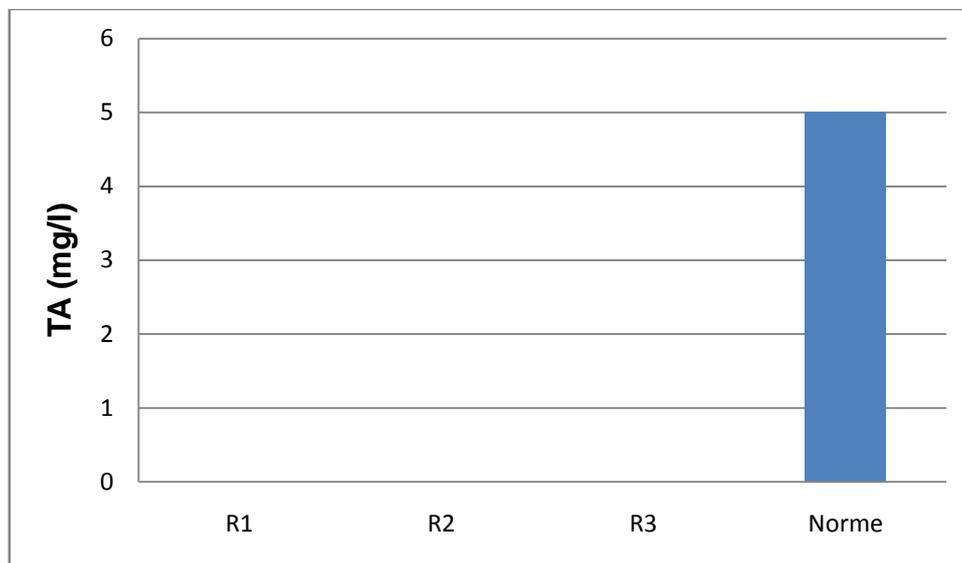


Figure 17. La variation du TA des eaux des eaux étudiées.

Les résultats montrent qu'il y a absence totale des carbonates dans l'eau de Hamma Bouziane.

IV.1.2.4. Les chlorures

Fréquent dans la nature, sous forme de sel de sodium (Na Cl), de potassium (K Cl), et de calcium (CaCl_2). L'eau contient presque toujours des chlorures mais en proportions très variables. Indépendamment de la nature de la formation géologique traversée, la présence des chlorures peut être attribuée aux effluents des industries chimiques, à l'exploitation des puits de pétrole, des mines de potasse, aux drainages d'irrigation...etc. Le plus grand inconvénient des chlorures est la saveur désagréable qu'ils confèrent à l'eau à partir de 250 mg/l surtout

lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium (**Rodier, 2005**). Les résultats varient entre 131mg /L et 138 mg/L.

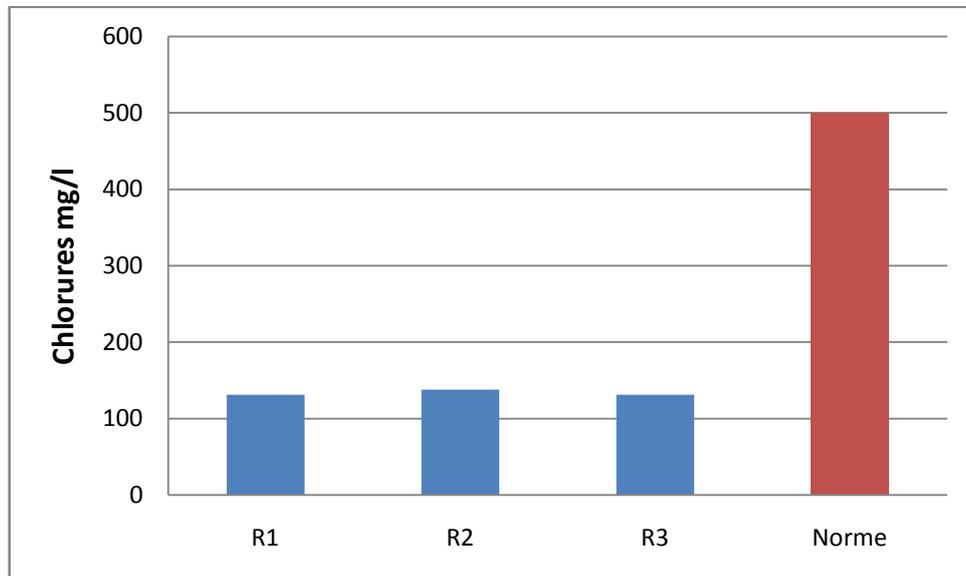


Figure 18. La variation des chlorures des eaux étudiées.

Les résultats montrent que les taux de chlorures dans l'eau consommée dans la plaine du Hamma Bouziane sont conformes aux normes de notre pays qui fixe une concentration maximale admissible de 500 mg/1.

IV.1.2.5. Calcium

Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés (terrain calcaire ou gypseux) (**Rodier et al, 2009**). L'eau potable de bonne qualité renferme de 100 à 140 mg/L de calcium (**Rodier, 2005**). Le calcium ne peut en aucun cas poser des problèmes de potabilité, le seul inconvénient domestique lié à une dureté élevée est l'entartrage. Par contre, les eaux douces peuvent entraîner des problèmes de corrosion des canalisations (**Gaujourn, 1985**). Les teneurs en calcium des 3 puits étudiés varient entre 120 mg/1 et 136 mg/1.

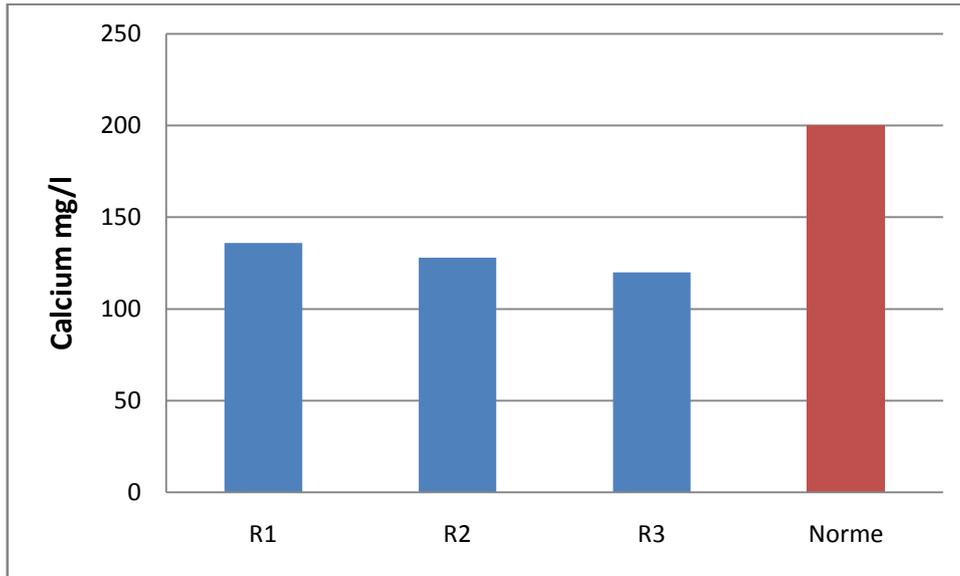


Figure 19. La variation des teneurs en calcium des eaux étudiées.

Dans les stations étudiées et comme il est indiqué sur la figure 19, les résultats ne dépassent pas les normes algériennes.

IV.1.2.6. Les Sulfates

Dans les conditions naturelles, les sulfates, forme de soufre dissous la plus répandue dans les eaux naturelles, ont essentiellement deux origines : géochimique et atmosphérique (**Deliste et Schmidt, 1977**). La limite supérieure admise dans l'eau potable est de 400 mg/l.

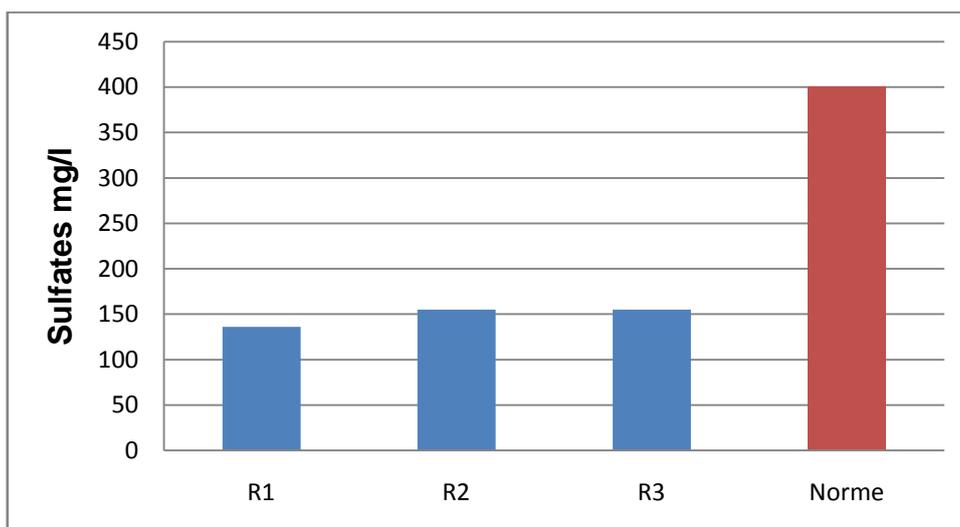


Figure 20. La variation des teneurs des sulfates des eaux étudiées.

Dans les stations étudiées et comme il est indiqué sur la figure 20 Les résultats montrent que les valeurs de sulfates présent dans l'eau de Hamma Bouziane restent inférieures à la concentration maximale décrétée par les normes Algériennes 250 mg/l.

IV.1.2.7. Les Nitrates

L'activité humaine accélère le processus d'enrichissement en cet élément sur les sols subissant l'érosion, ce qui provoque l'infiltration des eaux usées, par les rejets des industries minérales et d'engrais azoté (**Bremond et Vuichard, 1973**), dans les stations étudiées et comme il est indiqué sur la figure 21 Les valeurs varient entre 2,68mg/l et 6,82 mg/l.

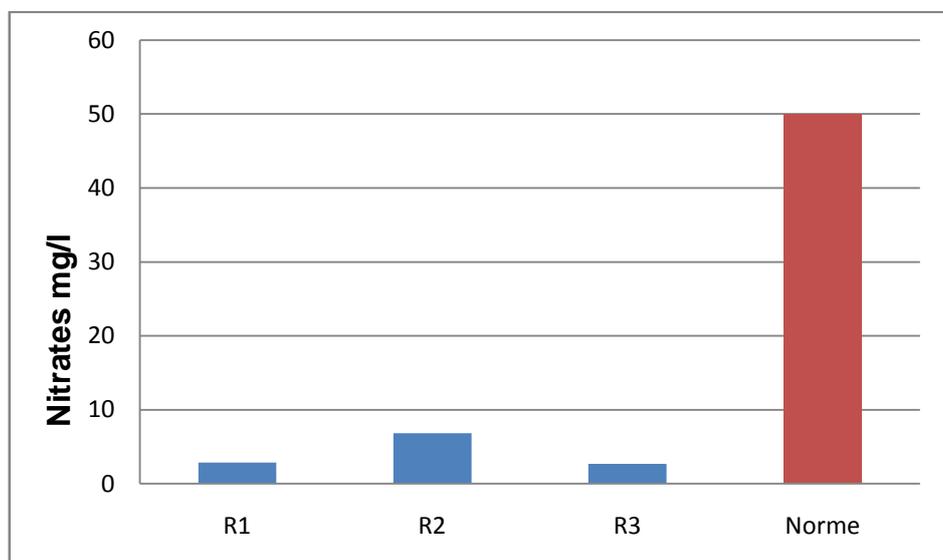


Figure 21.La variation des valeurs des nitrates des eaux étudiées.

Les valeurs de nitrate dans l'eau souterraine du Hamma Bouziane n'ont pas dépassé les normes algériennes.

IV.1.2.8. Les Nitrites

Le nitrite étant toxique pour l'organisme humain la présence en quantité importante dégrade la qualité de l'eau. La toxicité liée au nitrite est très significative en raison de leur pouvoir oxydant (**Maiga, 2005**), Les nitrites sont les indicateurs de la pollution.

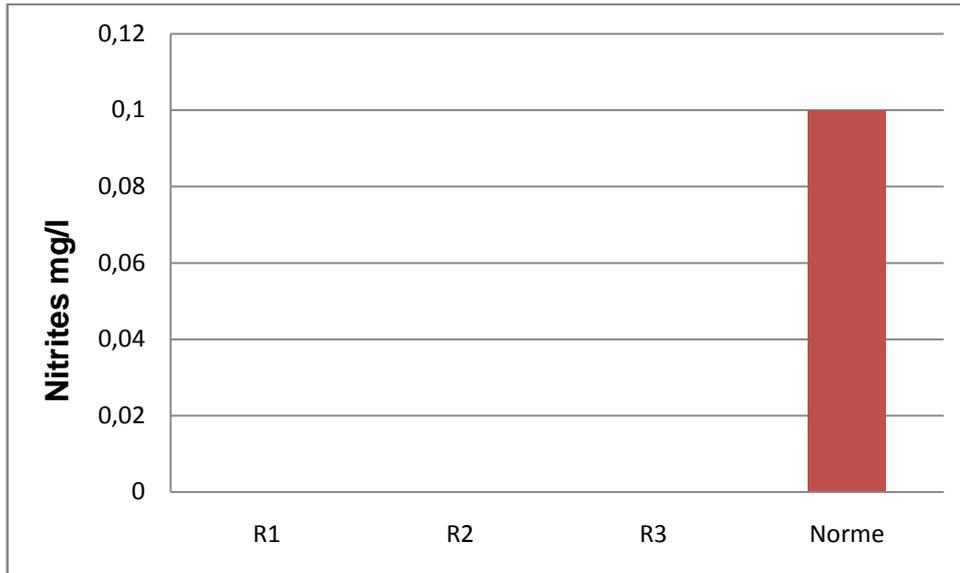


Figure 22. Les valeurs des nitrites des eaux étudiées.

Dans les stations étudiées et comme il est indiqué sur la figure 22 les résultats montrent qu'il ya aucun signe de présence de nitrite dans les eaux souterraine du Hamma Bouziane et donc elle est dans les normes algériennes qui indiquent une valeur maximale de 0.1 mg/l.

IV.1.2.9. Les cyanures

Comme le cyanure est toxique pour les humains, la concentration maximale acceptable de cyanure libre dans l'eau potable a été fixée à 0,07 mg/l dans la norme algérienne, selon les résultats obtenus comme il est indiqué sur la figure 23, on constate qu'il-y-a une absence totale des cyanures dans l'eau du Hamma Bouziane.

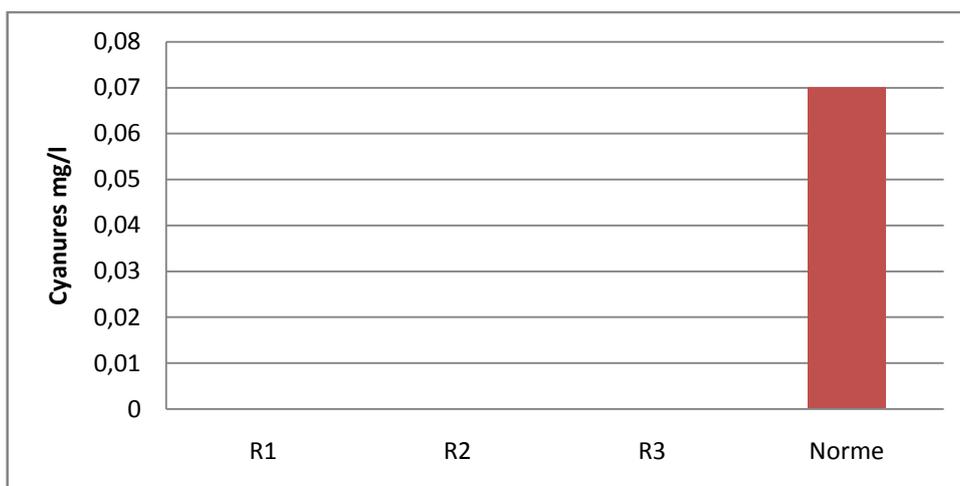


Figure 23. Les valeurs des cyanures des eaux étudiées.

IV.2. Paramètre bactériologique

Les analyses microbiologiques des eaux permet ainsi d'apprécier le risque dû à des microorganismes pathogènes, susceptible d'être trouvés dans les eaux consommées par les citoyens, et de ce fait, de provoquer des maladies, et permet aussi de contrôler l'efficacité des traitements de désinfection. Les résultats des analyses microbiologiques obtenus révèlent que l'eau souterraine de la région de Hamma Bouziane est généralement propre à la consommation car ces derniers montrent que les 12 échantillons testés répondent aux normes algériennes de potabilité. On constate aussi l'absence totale des germes indicateurs (coliformes, streptocoques et spores), donc l'eau de Hamma Bouziane est de bonne qualité bactériologique et elle est loin d'être contaminée. (Figure 24)



Figure 24. Les photos des résultats des analyses bactériologiques.

Conclusion

Avant toute consommation d'eau, il est indispensable de procéder au contrôle de sa qualité aussi bien physico-chimique que microbiologique. La négligence de ce contrôle provoquerait l'apparition de maladies à transmission hydrique chez la population en cas de consommation d'eau polluée. Pour limiter des dépenses faramineuses en matière de santé lors d'apparition des maladies survenues suite à la consommation des eaux polluées il est nécessaire de lancer des campagnes de sensibilisation vis-à-vis la population vivante dans des conditions d'hygiène non conforme aux normes internationales.

La composition minérale des eaux dépend généralement des terrains traversés, principalement des différentes couches géologiques.

Cette étude a permis une évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines du Hamma Bouziane. Les résultats des analyses ont montré que les caractéristiques physico-chimiques de l'eau sont comprises dans des intervalles proches des normes internationales et algériennes retenues pour l'eau. Les analyses microbiologiques effectuées sur les prélèvements ont révélé une absence totale des germes pathogènes et des germes de contamination fécale. Mais aussi les résultats ont montré que les eaux souterraines du Hamma Bouziane sont dures. Lors de leur circulation, ces eaux donnent naissance au phénomène d'entartrage dans les installations, ce qui peut conduire à de sérieuses défaillances (obstruction des canalisations, grippage des dispositifs d'arrêt, perte d'efficacité des échangeurs de chaleur etc....).

A la lumière des résultats obtenus au cours de ce modeste travail, nous pouvons conclure que l'eau distribuée dans quelques quartiers de la ville de Hamma Bouziane est de très bonne qualité physico-chimique ainsi que bactériologique et dépourvue de tous les germes pathogènes. L'analyse de l'eau reste toujours nécessaire pour protéger le consommateur. En perspective, il sera intéressant de faire l'analyse de l'eau dans d'autres cités de la ville de Constantine et analyser l'eau lorsqu'elle sera distribuée aux consommateurs avec une couleur inhabituelle et une odeur désagréable.

Références bibliographiques

- **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 Aïn Skhoun, Ministre des ressources en eau, Constantine, Algérie.
- **Boucenna. F, (2009)** : Cartographie par les différentes méthodes de vulnérabilité à la pollution d'une nappe côtière cas de la plaine alluviale de l'Oued Djendjen, Mémoire de Magister, Université de Badji Mokhtar, Annaba, Algérie.
- **Bouchard. M, (2008)** : Évolution temporelle et modélisation des coliformes dans une source d'eau potable, Mémoire de Master 2 en Sciences, Université de Laval , Québec, Canada.
- **Bourbia. A et Talbi.W, (2017)** : Evaluation des paramètres physico-chimique des eaux potable de la station de traitement d'Oued Athmania, Mémoire de Master 2 en Chimie Analytique, Université des Frères Mentouri, Constantine 1, Constantine, Algérie.
- **Bremond. R et Vuichard. R, (1973)** : Paramètres de la qualité des eaux, Ministère de la Protection de la Nature et de l'Environnement, OSPEPE, Paris. France.
- **CFPTEP, (2015)**, Recommandation pour la qualité de l'eau potable au Canada: <https://www.canada.ca/content/dam/hc-sc/documents/services/publications/healthy-living/guidelines-canadian-drinking-water-quality-guideline-technical-document-ph-fra.pdf>. Consulté le 19/03/2018
- **Cuq. J.L, (2007)** : Microbiologie Alimentaire control microbiologique des aliments, Edition Sciences et Techniques du Languedoc, Université de Montpellier 2, Département de Sciences et Technologie des Industries Alimentaires, Montpellier, France.
- **Debabza.M, (2005)** : Analyse microbiologique des eaux des plages de la ville d'Annaba Evaluation de la résistance aux antibiotiques des microorganismes pathogènes, Mémoire de Magister en Microbiologie appliquée, Université Badji-Mokhtar, Annaba, Algérie.

- **Deliste C.E et Schmidt J.W, (1977):** The effects of sulphur on water and aquatic life in Canada, Conseil Nationalde Recherches, Ottawa. Canada.
- **Myrand. D, (2008) :** captage d'eau souterraine pour des résidences isolées. Guide technique : <http://puitsglf.com/images/guide-captage.pdf>, consulté le 05/04/2018
- **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.
- **Fondation National de la Santé, (2013) :** Manuel pratique d'analyse de l'eau, 4ème édition, Brasilia: http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manualaguafrancesweb_2.pdf, Consulté le 23/05/2018
- **Gaujour. D, (1985) :** La pollution des milieux aquatiques: Aide-mémoire. 2eme Edition: revue et augmenté.
- **Garcia. A, (2006) :** Etude de la dynamique des *Escherichia coli* dans les rivières du bassin de la Seine, Thèse de Doctorat en Microbiologie, Université Libre de Bruxelles, Bruxelles, Belgique.
- **Ghizellaoui. S, Ghizellaoui.S, Labiod. K, (2011) :** La mesure du pouvoir incrustant des eaux dures du Hamma et inhibition de l'entartrage par Na₂CO₃ et KH₂PO₄, J. Mat. Environ. Sci. 2(S1) : 477-484
- **GRHMSM, (2011):** https://www.gov.mb.ca/waterstewardship/odw/public-info/fact_sheets/pdf/fr/factsheet_drinking_water_program_fr.pdf Consulté le 25/05/2018
- **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.Alérie.
- **Hamed.M, et al, (2012) :** Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage Djorf-Torba, Thèse d'Ingénieur d'état en Biologie, Université des Sciences et Technologies Béchar, Béchar, Algérie.
- **HCEFLCD, (2006) :** Etude sur la pisciculture au barrage Almassira ; CR Dar Chafaai ; Cercle d'El BRouge, Province de Settat, Maroc.
- **Houillier. P, Blanchard. Aet Pailard .M, (2004) :** Métabolisme du potassium, Elsevier SAS. 1 : 138-157.

- **Kemp. J.S, Paterson. E, Gammack. S.M, Cresser. M.S, Killham. K, (1992):** Leaching of genetically modified *Pseudomonas fluorescens* through organic soils: influence of temperature, soil pH and roots, *Bio and Fert of Doils*, vol. 1 (3): pp 218-224.
- **Kouider-Belala. Z, (2006) :** Etude et traitement de l'eau du barrage Djorf El Torba de la wilaya de Bechar par filtration sur sables, Mémoire de Magister en Eau et Environnement, Université Hassiba Ben Bouali, Chlef, Algérie.
- **Larcher. C, (2017) :** Recherche et dénombrement des spores de Clostridium. <http://christelle.larcher.free.fr/wpcontent/uploads/2017/03/clostridiumspores.pdf> consulté le 14/04/2018 .
- **Maiga. A, (2005) :** Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'EDM.SA dans la ville de Bamako : évaluation saisonnière, Thèse de Doctorat en Pharmacie, Université de Bamako, Bamako, Mali.
- **Manceur et Djaballah, (2016) :** Analyse microbiologique de l'eau distribuée dans la ville de Tébessa, Mémoire de Master 2 en Microbiologie Appliquée, Université Labri Tébessi, Tébessa, Algérie.
- **Marsily. J.L, (1995):** Pathogens in livestock waste, their potential for movement through soil and environmental pollution, vol. 2.pp1-15, WDSLEY.
- **Ministère de la Santé, (2006) :** L'arsenic dans l'eau potable, Canada : https://www.canada.ca/content/dam/hc-sc/migration/hc-sc/hl-vs/alt_formats/pacrb-dgapcr/pdf/iyh-vsv/environ/arsenic-fra.pdf Consulté le 03/04/2018 .
- **Nanfack N.A, Carine, F.F, Anyangwe, V.K.P, Katte B, Fogoh J. M, (2014) :** Eaux non conventionnelles : un risque ou une solution aux problèmes d'eau pour les classes pauvres, Université de Dschang, Cameroun.
- **OMS, (2003):** Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality. Geneva. Switzerland.
- **Ramade. F, (1998) :** Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau. Ed. Science Internationale, Paris, France.
- **Remini. B,(2010) :**La problématique de l'eau en Algérie du nord.Lary. J. 08 : 27-46.

- **Rodier. J, (1976)** : l'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, 8eme édition, édition Dunod, Paris, France.
- **Rodier. J, (1984)** : L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer, 7ème édition. Ed. Dunod, Paris, France.
- **Rodier. J, (1999)** : L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 7eme édition: Dunod, Paris, France.
- **Rodier. J, (2005)** : L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 8eme édition: Dunod, Paris, France.
- **Rodier. J, Bazin. C, Broutin. J.P, Chambon. P, Champsaur. H, Rodier. L, (1996)** :L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, 8e édition. Dunod, Paris, France.
- **Rodier. J, Legube. B, Merlet. N, Brunet. R, Mialocq. J.C, Leroy. P, Houssin. M, Lavison. G, Bechemin. C, Vincent. M, Rebouillon. P, Moulin.L, Chomodé. P,Dujardin. P,Gosselin. S, Seux. R., Almardini F, (2009)** : L'analyse de l'eau, 9ème Ed. Dunod., Paris, France.
- **SAVARY. P, (2010)**: Guide des analyses de la qualité de l'eau, Ed. Territorial Voiron, France.
- **Zanat. D, (2009)** : Analyse de la qualité bactériologique des eaux du littoral Nord-est algérien à travers un bio- indicateur la moule *Perne perne*,Mémoire de Magistère, Université Badji-Mokhtar, Annaba, Algérie.

Annexe 1

Analyse physico-chimique

Autres protocoles des paramètres physico-chimiques réalisés

- **Le résidu sec a 105 °C ou 180°C**

- évaporer progressivement au bain marie dans une capsule tarée 500 ml d'eau filtrée

- une fois toute l'eau évaporée, pesés immédiatement et rapidement

- si l'eau filtrée préalablement à la mesure, le résidu correspond alors aux matières dissoutes

- la masse du résidu sec multipliée par 2 et donne la masse du résidu sec de 1L d'eau.

- **Les nitrates**

- 10 ml d'eau à analyser

- 1ml solution salicylate de sodium

- Puis évaporera sec au bain marie laisser refroidir

- Reprendre le résidu par 2 ml d'acide sulfurique concentré

- Attendre 10 min puis ajouter 15 ml de l'eau stérile

- Ajouter 15 ml de la solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de potassium. Couleur jaune

- Effectuer la lecture au spectrophotomètre a $A= 415 \text{ nm}$

- Multiplier le résultat par 4.43

- **Les nitrites**

- Prélever 50ml d'eau a analysé dans une fiole jaugée

- Ajuster 1 ml du réactif de diazotation, attendre 10 min

- Passer au spectrophotomètre a $A= 543 \text{ nm}$

L'E.D.T.A., ou acide éthylène diamine tétra acétique, est noté pour plus de commodité YH4

- **Le fer**

- Dans un tube a essais pyrex prélevé 10 ml de l'eau à analyser
- Ajouter 1 ml de solution d'acide HCl N et porter à ébullition pour assurer la solubilisation du fer, refroidir
- Ajuster à 10ml avec de l'eau distillée bouillie
- Ajouter successivement :
 - 0.5 ml de CH₃COONa
 - 0.3 ml d'acide ascorbique
 - 1ml d'orthophénanthrone

- **Les sulfates**

- 20ml d'eau à analyser puis compléter a 100ml d'eau distillée
- Ajouter 5ml de la solution stabilisante
- 2ml de chlorure de baryum
- Agiter énergiquement pendant 1 min
- Passer au spectrophotomètre

- **Cadmium**

- Prendre 10 ml d'eau à analyser
- Ajouter 1ml de réactif A
- Agiter pour bien mélanger
- Ajouter 0.4ml de réactif B

- **La matière organique**

- 100ml d'eau à analyser

- Ajouter 5ml H₂SO₄ dilué et porter à ébullition pondant 1 min
- Ajouter 15 ml de KMnO₄ a 0.01 N avec 10min d'ébullition régulière et douce
- Ajouter 15ml d'acide oxalique a 0.01 N
- Titrer à chaud avec KMnO₄ a 0.01 N jusqu'à coloration rose claire qui persiste a 15 a 20 seconde

- **L'ammonium**

- 40ml d'eau analysé
- 4ml de réactif 1
- 4ml de réactif 2
- Puis ajuster à 50 ml et attendre le temps de réaction 1h30
- Passer au spectrophotomètre a A= 655 nm

Tableau A. Bulletin d'analyses physico-chimiques

Paramètres physico-chimiques	Taux des paramètres dans les 3 puits			Unités	normes	observation
	Ain skhoun	Réservoir benchaoui	Réservoir ghirène			
pH	7.33	7.35	7.52		6.5-9	
Turbidité	0.52	4	0.28	NTU	5	
Conductivité	1059	1089	1048	Us/Cm	2800	
température	20.7	20.2	20.8	C°		
Ammonium (NH ⁴⁺)	0	0	0	Mg/l	0.5	
Nitrites (NO ⁻²)	0	0	0	Mg/l	0.1	
Nitrates (NO ⁻³)	2.84	6.82	2.68	Mg/l	50	
Chlore total	0.5	0.2	0.5	Mg/l	0.1-0.6	
chlorures	131	138	131	Mg/l	500	

calcium	136	128	120	Mg/l	200	
Dureté (TH)	460	470	420	Mg/l	500	Eau dure
Sulfates (SO ₄ ²⁻)	136	155	155	Mg/l	400	
TA	0	0	0	Mg/l	5	
TAC	500	470	420	Mg/l		Excès de bicarbonate
Fer ferreux (Fe ²⁺)	0	0.01	0	Mg/l	0.3	
potassium	M R	MR	MR	Mg/l	12	
manganèse	0	0	0	Mg/l	0.05	
phénol	MR	MR	MR	Ug/l	2	
aluminium	0.01	0.01	0.01	Mg/l	0.2	
argent	0	0	0	Mg/l	0.1	
zinc	0.07	0.13	0.15	Mg/l	5	
fluore	MR	MR	MR	Mg/l	1.5	
phosphate	0	0	0	Mg/l	0.5	
Chrome	0	0	0	Mg/l	0.05	
Cyanure	0	0	0	Mg/l	0.07	
Cadmium	0	0	0	Mg/l	0.03	
magnésium	MR	MR	MR	Mg/l	150	

MR = Manque de Réactif

Annexe 2

Analyse bactériologique

2.1. Préparations de milieux de culture

2.1.1. préparation de tergitol

La gélose est stockée dans des flacons de 180 ml en couleur verte

- Liquéfier le milieu à 100°C au bain marie
- couler la gélose dans les boites de pétri petit diamètre
- fermer la boîte et Laisser refroidir.

2.1.2. Préparation de slanetz

Même chose que le tergitole la slanetz est aussi présenté en forme solide dans des flacon de 180 ml

- La gélose est stockée dans des flacons de 180 ml en couleur orange
- Liquéfier le milieu à 100°C au bain marie
- couler la gélose dans les boites de pétri petit diamètre
- fermer la boîte et Laisser refroidir.

2.1.3. Préparation de viande-foie

La viande-foie est sous forme de gel solide dans des flacons de 100 ml de couleur jaune

- Liquéfier le milieu à 100°C au bain marie avant l'utilisation.

2.2. Test de confirmation

2.2.1. Test de confirmation de coliforme

Après l'incubation des milieux de cultures de tergitole durant 48 h, retirer les boites de pétri et faire la lecture :

- absence de tache sur la membrane : eau de bonne qualité bactériologique

- présence de tache de couleur verte : eau de bonne qualité bactériologique
- présence de tache jaune à orange (plus que 10 ou 15 taches) : eau contaminée

Faire un repiquage dans un milieu de VBL pour les coliformes totaux et incuber à 37 C° à l'autoclave et dans un milieu Shuber pour les coliformes fécaux à 44 C°.

si à la fin de la période d'incubation de l'heure 24/48 on observe la formation de gaz dans le tube à essai Durham et l'apparition d'une couleur trouble, le test est considéré comme positif. S'il n'y a pas de formation de gaz, le test est considéré comme négatif.

- Si le tube de Durham de Shuber est positif ajouter quelques gouttes de Kovacs :

présence des anneaux rouges : présence d'Escherichia Coli.

2.2.2. Test de confirmation de streptocoque

Après l'incubation des milieux de cultures de slanetz durant 48 h, retirer les boîtes de pétri et faire la lecture :

- absence de tache : eau de bonne qualité bactériologique
- présence de tache rose à rouge : eau contaminée.

Remettre la membrane de milieu de slanetz dans un autre milieu de confirmation le BEA, placé à l'autoclave à 44 C° pendant 2 h.

- si les colonies deviennent noires : présence de streptocoque

2.3. Test de confirmation de spores des clostridiums

Après l'incubation des milieux de cultures de viande de foie durant 48 h, retirer les boîtes de pétri et faire la lecture :

Absence de tache : eau de bonne qualité bactériologique

Présence des colonies entourées d'un halo noir : eau contaminée, présence de spore des clostridiums.

Tableau B. Bulletin d'analyse bactériologique

Adresse et lieu de prélèvement	Coliforme /100 ml	Streptocoque /100 ml	Spore des clostridium / 100 ml	Conclusion
Station de pompage ainskoun	00	00	00	Eau de bonne qualité bactériologique
Réservoir Benchaoui	00	00	00	Eau de bonne qualité bactériologique
Réservoir ghérene	00	00	00	Eau de bonne qualité bactériologique
Cité des carrières BT A1 N°101	00	00	00	Eau de bonne qualité bactériologique
Cité des carrières BT C3 N° 301	00	00	00	Eau de bonne qualité bactériologique
Cité 200 logts BT B3 N° 202	00	00	00	Eau de bonne qualité bactériologique
Cité 200 logts BT A3 N° 302	00	00	00	Eau de bonne qualité bactériologique
Cité Draa Benchaoui N° 29	00	00	00	Eau de bonne qualité bactériologique

Commissariat Draa Benchaoui	00	00	00	Eau de bonne qualité bactériologique
EPSP Zouitna	00	00	00	Eau de bonne qualité bactériologique
Primaire Saleh Ayache Zouitna	00	00	00	Eau de bonne qualité bactériologique
CEM les Frères Ramrame	00	00	00	Eau de bonne qualité bactériologique



Figure.25. Résultat bactériologique en cas de contamination.

intitulé Evaluation de la qualité de l'eau potable distribuée dans la commune de
Hamma Bouziane (wilaya de Constantine)

Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de Master en Ecologie fondamentale et
appliquée

Résumé :

Ce travail a pour but de suivre et d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines, produites et distribuées dans la région de Hamma Bouziane, l'une des communes qui abrite une population importante. Les analyses physico-chimiques ont montré que ces eaux de consommation humaine, présentent une bonne qualité et remplissent les critères de potabilité en se référant aux normes nationales et celles des directives de l'Organisation Mondiale de la Santé. En occurrence, les analyses bactériologiques révèlent l'absence des germes pathogènes de contamination fécale. La surveillance et le contrôle de ces eaux demeure une tâche d'ordre primordial pour la santé publique et les risques environnementaux.

Mots clés : Hamma Bouziane, eaux souterraines, potable, qualité physico-chimique, qualité bactériologique.

Laboratoire de recherche : Société de l'eau et de l'assainissement de Constantine

Jury d'évaluation :

Président du jury : ZAIMECH *Saida* (MCB- UFM Constantine1).

Rapporteur : TOUATI *Laid* (MCA - UFM Constantine1).

Examineur : GHIOUA *Karima* (MAA - UFM Constantine1).

Date de soutenance : Juin/2018