



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTE : SCIENCES

DEPARTEMENT : SCIENCES AGRONOMIQUE

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par : Marfoua Ikram

DOMAINE : Science de Nature et de Vie (SNV)

FILIERE : Sciences Agronomiques

OPTION : Agroalimentaire et Contrôle de Qualité

Thème

**Evaluation de la qualité physico-chimique et
microbiologique des eaux potables de deux localités
différentes de la ville de Laghouat**

Nom et Prénom

Mr Ben chatouh

Mlle Ammeur

Mr Gacem Mohamed Amine

Mr Bennaceur Farouk

Président

Examineur1

Encadreur

Co-encadreur

Promotion : juin 2016

Dédicace

A mon père Djelloul aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous rien au monde devant les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être.

Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, à ma mère Fatima.

A ma grande mère notre reine mima Bent Sayeh .

A mes frères : Najib, Farouk, Othmane, Karim.

A ma sœur : Khadija Joumana.

A mes oncles et mes tantes mes cousins et cousines.

A mes ami(e)s.

Remerciement

Je tiens dans un premier temps à remercier mon DIEU de m'avoir offrir toutes les possibilités la sante la volonté la force le courage et l'insistance pour franchir les obstacles et aboutit à mon but.

*En second lieu je tenais à remercier **Mr Gacem Amine** et **Mr bennaceur Farouk** mes encadreur ses précieux conseils et ses aides durant toute la période du travail.*

*Toute ma gratitude à toutes les personnes ayant relu, corrigé et commenté mon manuscrit et ayant ainsi participé à son amélioration spécialement **Mr Becheikh Mahfoud**.*

*Je remercie **Mr Michroui .M** chef de Laboratoire d'ADE et l'ensemble des membres du laboratoire d'ADE pour leur accueil, que j'ai côtoyés quotidiennement avec un réel plaisir pendant la période de mon stage. Je remercie également le personnel administratif pour son efficacité et sa bonne humeur.*

A Mr Marfoua Omar

Table des matières

| | Pages |
|-------------------------------|--------------|
| Liste des abréviations | I |
| Liste des figures | II |
| Liste des tableaux | III |
| Résumé | IV |
| Abstract | V |
| ملخص | VI |
| Introduction | 01 |

PREMIERE PARTIE : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

| | |
|--|-----------|
| I Généralités sur l'eau | 03 |
| I 1. Composition chimique | 03 |
| I 2. Cycle de l'eau | 03 |
| I 3. Evaluation des ressources hydriques en Algérie | 04 |
| I 4. Consommation de l'eau potable en Algérie | 05 |
| I 5. Qualité des eaux souterraines | 06 |
| I 5.1. Caractéristiques d'une eau potable et la réglementation Algérienne | 07 |
| I 6. Les nappes de l'eau | 08 |
| I 6.1. Définitions | 08 |
| I 6.2. Les différents types de nappes | 09 |
| I 6.2.1 Nappe Libre | 09 |
| I 6.2.2. Nappe captive | 09 |
| I 7. Pollution de l'eau et des eaux souterraines | 09 |
| I 8. Traitement des eaux | 10 |
| I 9. Les maladies à transmission hydriques (MTH) en Algérie | 10 |
| I 9.1. Les maladies hydriques d'origine bactérienne | 11 |
| I 9.1.1. Le choléra | 11 |
| I 9.1.2. Fièvre typhoïde | 11 |
| I 9.1.4. Dysenterie | 12 |
| I 9.1.3. Fièvre paratyphoïde | 12 |
| I 9.1.5. Diarrhées infectieuses | 12 |
| I 9.2. Maladies hydriques provoquées par des virus | 12 |
| I 9.3. Problèmes sanitaires en relation avec la constitution des eaux | 12 |
| I 9.4. Situation épidémiologique au niveau de la ville de Laghouat | 13 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| II | Revue générale sur la zone d'étude | 14 |
| II | 1. Tectonique et structure de la région | 15 |
| II | 1.1. L'Atlas Saharien du cercle de Laghouat | 15 |
| II | 1.2. La structure sud atlasique | 15 |
| II | 1.3. Le domaine saharien | 15 |
| II | 2. Hydrogéologie de la région de Laghouat | 15 |
| II | 2.1. Le turonien | 15 |
| II | 2.2. Le barrémien | 16 |
| II | 2.3. Le réseau hydraulique de la ville | 16 |
| II | 2.3.1. Les Forage Sidi Hakoum | 16 |
| II | 2.3.2. Les Forage T'eniât R'mel | 17 |
| II | 2.3.3. Réservoir de Sidi Hadj Aïssa | 17 |
| II | 2.3.4. Réservoir de Wiam | 17 |
| II | 2.3.5. Quartier Shetit | 17 |
| II | 2.3.6. Quartier Wiam | 17 |
| II | 3. Influence du choix des matériaux | 18 |

DEUXIEME PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE

| | | |
|----------|--|-----------|
| I | Matériel et Méthodes | 22 |
| I | 1. Méthodologie | 22 |
| I | 1.1. Choix des sites de prélèvement | 22 |
| I | 1.1.1. Prélèvements | 22 |
| I | a. Réseau | 22 |
| I | b. Transport et conservation au laboratoire | 23 |
| I | 1.2. Techniques d'analyses | 23 |
| I | 1.2.1. Analyses physico-chimiques | 23 |
| I | a. Dosage du chlore libre | 24 |
| I | b. Mesure de la Température | 24 |
| I | c. Détermination du pH | 24 |
| I | d. Mesure de la conductivité, salinité, taux des sels dissous (TDS) | 24 |
| I | e. Minéralisation globale | 24 |

| | | |
|---|---|----|
| I | f. Dosage de la dureté totale (titre hydrométrique TH) | 25 |
| I | g. Détermination du calcium (Ca ²⁺) et du magnésium (Mg ²⁺) | 25 |
| I | h. Détermination des chlorures (Cl ⁻) | 26 |
| I | i. Détermination de l'alcalinité (HCO ₃ ⁻) | 26 |
| I | j. Dosage des nitrates par spectrophotomètre UV visible | 27 |
| I | k. Dosage des ions sulfates par spectrophotomètre UV visible | 27 |
| I | 1.2.2. Analyses bactériologiques | 27 |
| I | a. Dénombrement des germes totaux | 28 |
| I | b. Le dénombrement des coliformes totaux | 30 |
| I | c. Recherche et dénombrement des Anaérobies sulfito-réducteurs | 32 |
| I | d. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux | 34 |

Résultats et discussion

| | | |
|----|---|----|
| II | Résultats et discussion | 37 |
| II | 1. Analyse physicochimique | 37 |
| II | 1.1. Chlore résiduel libre | 37 |
| II | 1.2. Dureté totale (titre hydrotimétrique) | 39 |
| II | 1.3. pH | 40 |
| II | 1.4. Taux des sels dissous (TDS) et salinité | 41 |
| II | 1.5. Conductivité | 42 |
| II | 1.6. Nitrates | 44 |
| II | 1.7. Température | 45 |
| II | 1.8. Minéralisation globale | 47 |
| II | 1.9 Classification de l'eau de source selon Stabler | 52 |
| II | 2. Résultats des analyses bactériologiques | 53 |
| II | 2.1. Germes totaux | 53 |
| II | 2.2 Coliformes totaux | 55 |
| II | 2.3 Coliformes fécaux | 56 |
| II | 2.4 Streptocoques fécaux | 58 |
| II | 2.5. Clostridium Sulfito-Réducteurs | 59 |
| | Conclusion | 61 |
| | Références bibliographiques | 63 |
| | Annexe | |

Liste Des Figures

| | Page |
|--|-------------|
| Figure 1 Cycle général de l'eau (site d'internet : Ce2 Miri Ecole De Matairea) | 04 |
| Figure 2 carte des ressources en eau de la région de Laghouat 1/500.00 | 19 |
| Figure 3 situation géographique des forages de Sidi Hakoum et Djbel Lahmar et le quartier de Shetit et Wiam | 19 |
| Figure 4 Recherche et dénombrement des germes totaux dans l'eau | 29 |
| Figure 5 Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux dans l'eau. | 32 |
| Figure 6 Recherche et dénombrement des Clostridium sulfito-réducteurs | 34 |
| Figure 7 Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux dans l'eau | 36 |
| Figure 8 chlore résiduel des échantillons d'eau étudiés pour les forages, réservoirs quartier Shetit et Wiam | 37 |
| Figure 9 dureté totale des échantillons d'eau étudiés pour les forages, réservoirs, quartier Shetit et Wiam | 39 |
| Figure10 Potentiel Hydrique des échantillons d'eau étudiés pour les forages, réservoirs, quartier Shetit et Wiam | 40 |
| Figure 11 Salinité des échantillons d'eau étudiés pour les forages, réservoirs, quartier Shetit et Wiam | 41 |
| Figure 12 taux de sels dissous des échantillons d'eau étudiés pour les forages, réservoirs, quartier Shetit et Wiam | 42 |
| Figure 13 Conductivité électrique des échantillons d'eau étudiés pour les forages, réservoir, quartier Shetit et Wiam | 44 |
| Figure 14 taux de nitrates des échantillons d'eau étudiés pour les forages, réservoir, quartier Shetit et Wiam | 44 |
| Figure 15 la température des échantillons d'eau étudiés pour les forages, réservoir, quartier Shetit et Wiam | 46 |
| Figure 16 le taux de calcium à partir des échantillons d'eau étudiés pour les forages, réservoirs, quartier Shetit et Wiam | 48 |
| Figure 17 le taux de Magnésium à partir des échantillons d'eau étudiés pour les forages, réservoirs, quartier Shetit et Wiam | 49 |
| Figure18 le taux du Sulfates à partir des échantillons d'eau étudiés pour les forages, réservoirs, quartier Shetit et Wiam | 50 |
| Figure19 le taux de Chlore à partir des échantillons d'eau étudiés pour les forages, réservoirs, quartier Shetit et Wiam | 51 |
| Figure 20 le taux de bicarbonates à partir des échantillons d'eau étudiés pour les forages, réservoirs, quartier Shetit et Wiam | 52 |
| Figure 21 les résultats des analyses bactériologiques à partir des échantillons d'eau étudiés pour les forages, réservoirs, quartier Shetit et Wiam | 53 |

Liste des tableaux

| | | Page |
|------------------|---|-------------|
| Tableau 1 | Précipitation (mm) | 05 |
| Tableau 2 | Les potentialités en eau dans l'Algérie | 06 |
| Tableau 3 | Recommandations de l'OMS sur la qualité de l'eau potable | 08 |
| Tableau 4 | Evolution de l'incidence des maladies à transmission hydrique dans la ville de Laghouat durant la période (2000-2015) | 11 |
| Tableau 5 | Donnée de la pluviométrie moyenne à différentes périodes | 14 |
| Tableau 6 | caractéristiques de l'entité hydrogéologique (région de Laghouat). | 16 |
| Tableau 7 | donnée des forages qui alimenté le quartier de Shetit et Wiam | 17 |

Liste des abréviations

% : pourcentage
ADE: Algériennes des eaux
BCPL : bouillon lactosé au poupre de bromocrésol
Ca(HCO₃)² : Bicarbonate de calcium
D/C : double concentration
EDTA : Acide Ethylène Diamine Tétracétique
EVA : éthyle violet azide
F °: degré français
Hcl : Acide chlorhydrique
HCO₃⁻ : bicarbonate de calcium
KMnO₄ : Permanganate de potassium
m : mètre
m³ : mètre cube
Meq g : milliéquivalent gramme
mg : milligramme
mg/l : milligramme par litre
ml : millilitre
MTH : maladie a transmission hydrique
N : normalité
N.E.T : Noir d'Eriochrom T
Nacl : Chlorures de sodium
nn : nanomètre
NO₃⁻ : nitrates
NPP : nombre le plus probable
O.M.S : Organisation Mondiale de la Santé
OMS : organisation mondiale de santé
pH : Potentiel d'hydrogène
S/C : simple concentration
SO₄²⁻ : ions sulfates
T.D.S : solides Totaux Dissous
T° : température
TGEA : glucose tryptonée à l'extrait d'agar
TH : Titre Hydrométrique (dureté)
UNF : unité formant une colonie
UV : ultra violet
WOH: world organization Heath
µs/cm : microsiemens par centimètre
µS: micro siemens

Liste Des Figures

| | Page |
|--|-------------|
| Figure 1 Cycle général de l'eau (site d'internet : Ce2 Miri Ecole De Matairea) | 04 |
| Figure 2 carte des ressources en eau de la région de Laghouat 1/500.00 | 19 |
| Figure 3 situation géographique des forages de Sidi Hakoum et Djbel Lahmar et le quartier de Shetit et Wiam | 19 |
| Figure 4 Recherche et dénombrement des germes totaux dans l'eau | 29 |
| Figure 5 Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux dans l'eau. | 32 |
| Figure 6 Recherche et dénombrement des Clostridium sulfito-réducteurs | 34 |
| Figure 7 Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux dans l'eau | 36 |
| Figure 8 chlore résiduel des échantillons d'eau étudiés pour les forages, réservoirs quartier Shetit et Wiam | 37 |
| Figure 9 dureté totale des échantillons d'eau étudiés pour les forages, réservoirs, quartier Shetit et Wiam | 39 |
| Figure10 Potentiel Hydrique des échantillons d'eau étudiés pour les forages, réservoirs, quartier Shetit et Wiam | 40 |
| Figure 11 Salinité des échantillons d'eau étudiés pour les forages, réservoirs, quartier Shetit et Wiam | 41 |
| Figure 12 taux de sels dissous des échantillons d'eau étudiés pour les forages, réservoirs, quartier Shetit et Wiam | 42 |
| Figure 13 Conductivité électrique des échantillons d'eau étudiés pour les forages, réservoir, quartier Shetit et Wiam | 44 |
| Figure 14 taux de nitrates des échantillons d'eau étudiés pour les forages, réservoir, quartier Shetit et Wiam | 44 |
| Figure 15 la température des échantillons d'eau étudiés pour les forages, réservoir, quartier Shetit et Wiam | 46 |
| Figure 16 le taux de calcium à partir des échantillons d'eau étudiés pour les forages, réservoirs, quartier Shetit et Wiam | 48 |
| Figure 17 le taux de Magnésium à partir des échantillons d'eau étudiés pour les forages, réservoirs, quartier Shetit et Wiam | 49 |
| Figure18 le taux du Sulfates à partir des échantillons d'eau étudiés pour les forages, réservoirs, quartier Shetit et Wiam | 50 |
| Figure19 le taux de Chlore à partir des échantillons d'eau étudiés pour les forages, réservoirs, quartier Shetit et Wiam | 51 |
| Figure 20 le taux de bicarbonates à partir des échantillons d'eau étudiés pour les forages, réservoirs, quartier Shetit et Wiam | 52 |
| Figure 21 les résultats des analyses bactériologiques à partir des échantillons d'eau étudiés pour les forages, réservoirs, quartier Shetit et Wiam | 53 |

Liste des tableaux

| | | Page |
|------------------|---|-------------|
| Tableau 1 | Précipitations (mm) | 05 |
| Tableau 2 | Les potentialités en eau en l'Algérie | 06 |
| Tableau 3 | Recommandations de l'OMS sur la qualité de l'eau potable | 08 |
| Tableau 4 | Evolution de l'incidence des maladies à transmission hydrique dans la ville de Laghouat durant la période (2000-2015) | 11 |
| Tableau 5 | Donnée de la pluviométrie moyenne à différentes périodes | 14 |
| Tableau 6 | caractéristiques de l'entité hydrogéologique (région de Laghouat). | 16 |
| Tableau 7 | donnée des forages qui alimenté le quartier de Shetit et Wiam | 17 |

Résumé

Evaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux potables de deux localités différentes de la ville de Laghouat

Les eaux souterraines constituent une provision d'eau potable inestimable pour l'humanité. La qualité de ces eaux a connu ces dernières années une grande détérioration. Pour mettre en évidence l'influence du milieu extérieur sur la qualité hygiénique et la qualité physico-chimique des eaux potables, une enquête a été effectuée durant la période du mois Février 2016 jusqu'à le mois d'Avril 2016 dans le réseau de distribution de deux quartiers « Wiam , Shetit) située dans la ville de Laghouat, allant de la source jusqu'au consommateur. Cette dernière a fait l'objet des différentes analyses selon les techniques d'évaluation de qualité de l'eau potable décrites par le journal officiel de la république algérienne. L'analyse physico-chimique des différents points de prélèvements a démontré que les forages, les réservoirs et les abonnés présentent certains paramètres non conformes aux normes recommandées par la législation Algériennes (calcium et sulfate). De point de vue bactériologique, les résultats obtenus ont démontré la présence des *coliformes totaux* au niveau d'une ruelle « Laroui » avec un taux allant de 220 à 230 colonies/ml au quartier Shetit et une absence totale des autres germes recherchés. L'eau de la présente étude est qualifiée d'une eau sulfatée calcique avec une prédominance du magnésium et du chlore.

Mots clés : eau potable, qualité hygiénique, la qualité physico-chimique, réseau de distribution, Laghouat, analyse

Abstract

Evaluation of physico-chemical and microbiological quality of drinking water in two different localities in the city of Laghouat

Underground water is an invaluable natural source for drinking water to mankind. The quality of these waters has experienced in recent years a noticeable deterioration. To highlight the influence of the external environment on the hygienic, quality and physico-chemical composition of drinking water, a survey was conducted between the month of February 2016 and the month of April 2016 in the distribution network of two neighbourhoods (Wiam, Shetit) in the city of Laghouat, the tests were carried out from source to consumer. These tests and analysis were carried out in accordance to the latest requirements of the Algerian Republic Official Journal. The physicochemical analysis of the various samples tested point that the drilling process, the stocking in reservoirs, the distribution network and users were all found to be non-conform to the recommendations of the Algerian legislation. Our sample showed calcium and sulfate. In the neighbourhood of Shetit and precisely in the Street "Laroui", the bacteriological test showed the presence of a total coliforms rate ranging from 220 to 230 colonies / ml. In general there was a total absence of other germs sought. Based on the results of these tests this water can be described as calcium sulphate water with a predominance of magnesium and chlorine.

Keywords: Drinking water, hygienic quality, physico-chemical composition, distribution network, Laghouat, analysis.

الملخص

تقييم نوعية مياه الشرب الفيزيوكيميائية و الميكروبيولوجية في منطقتين مختلفتين من مدينة

الأغواط

المياه الجوفية توفر مياه للشرب لا تقدر بثمن للبشرية. وقد شهدت نوعية هذه المياه في السنوات الأخيرة تدهورا كبيرا . لتسليط الضوء على تأثير البيئة الخارجية على الجودة الفيزيائية والكيميائية والصحية لنوعية مياه الشرب، أجريت دراسة امتدت من شهر فبراير 2016 حتى شهر أبريل 2016 لشبكة التوزيع لثنتين من الأحياء (الوئام, الشطيط) الواقعة في مدينة الأغواط، من المصدر إلى المستهلك. وكان هذا الأخير موضوع تحليلات مختلفة وفقا لتقنيات تقييم نوعية مياه الشرب التي وصفتها الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية. وقد أثبت التحاليل الفيزيائية من مختلف نقاط أخذ العينات بأن الآبار والخزانات والمشاركين لديها بعض العوامل غير مطابقة للمعايير الموصى بها من قبل التشريع الجزائري (الكالسيوم وكبريتات) ومن جهة التحاليل البكتيرية ، أظهرت النتائج وجود مجموع القولونيات في شارع "بلهروي" بمعدل يتراوح 220 - 230 مستعمرة/مل بحد أقصى و الغياب التام للجراثيم أخرى المطلوبة. يصنف الماء من هذه الدراسة كمياه كبريتية كلسية مع وجود نسب عالية من المغنيسيوم و الكلور.

الكلمات المفتاحية: مياه الشرب، الجودة الصحية، الجودة الفيزيائية والكيميائية، شبكة التوزيع، الأغواط، تحاليل

Introduction

Introduction

Les eaux souterraines constituent une provision d'eau potable inestimable pour l'humanité. Dans plusieurs pays, c'est pratiquement la seule source d'approvisionnement (**TRAVI, 1993**). Aujourd'hui, la qualité de ces eaux souterraines a connu ces dernières années une grande détérioration à cause des rejets industriels non contrôlés, l'utilisation intensive des engrais chimiques dans l'agriculture ainsi que l'exploitation désordonnée des ressources en eaux. Ces derniers produisent une modification chimique de l'eau et la rendent impropre aux usages souhaités (**ROUISSAT, 2010**).

Devant le développement agricole et industriel d'une part, et la croissance démographique d'autre part, les besoins d'eau en Algérie ne cessent d'augmenter particulièrement dans les régions sahariennes. Ceci a conduit les gestionnaires des ressources en eau à prospecter et réaliser plus des forages, des puits et d'ouvrages hydrauliques.

Ce développement rapide a entraîné des problèmes énormes ces dernières années, relatifs principalement à la remontée et l'évacuation des eaux des nappes phréatiques, à l'abaissement de l'artésianisme des nappes profonde, et aussi à l'apparition des problèmes liés aux eaux d'assainissements (**SCHOELLER, 1984**).

Lors des précipitations, l'eau ruisselle s'infiltrer et se charge en composants des sols et des roches mères. Ainsi elle peut acquérir des sels minéraux en grande quantité (Ca, Mg, Mn, fer, Sulfates...) et, d'autres éléments liés à l'activité de l'homme peuvent être entraînés (matières organiques, nitrates, pesticides, micro-organismes...). La nature et l'occupation du sol jouent donc un rôle prépondérant. L'eau contient des substances ou des micro-organismes qui par leur nature et leur concentration peuvent être indispensables, acceptables, indésirables, voire toxiques ou dangereux (**IGOR, 1983**).

L'eau potable donc doit satisfaire à des exigences de qualité fixées par des normes nationales. L'ensemble des efforts nationaux pour l'alimentation de la population en eau potable a permis d'atteindre un taux de raccordement des foyers à l'eau potable de 93% en 2008 alors qu'il était de 78% en 1999 et de 92% en 2007 (**ROUISSAT, 2010**). Diverses études en Algérie ont porté sur la qualité physicochimique, et bactériologique, des eaux. Elles ont pu estimer leur potabilité, leur aptitude à l'irrigation, et par conséquent, leur impact sur la santé humaine et l'environnementaux.

Aujourd'hui, le contrôle et l'amélioration de la qualité de l'eau sont une préoccupation permanente pour la protection de l'environnement et la santé des consommateurs. De ce fait l'eau potable doit être analysée, surveillée et l'évaluation de sa qualité repose sur les

paramètres physico-chimiques et bactériologiques. La surveillance permet de vérifier l'efficacité du traitement, déceler une pollution, et par conséquent arrêter la distribution de l'eau si la qualité de cette dernière ne répond pas à certains critères de potabilité (**PULIM 1991**).

Laghouat qui est une ville saharienne située au sud d'Algérie possède d'énormes réserves d'eau souterraines et la quasi-totalité de sa population est raccordée au réseau de distribution en eau potable (**ADE2016**).

Le présent document est structuré en deux parties. La première est consacrée à une revue bibliographique sur l'eau et la présentation de la zone d'étude. La seconde partie est réservée à l'expérimentation afin de mettre en évidence l'influence de la nappe, le milieu extérieur et la canalisation, sur la qualité hygiénique et la qualité physico-chimique des eaux potables dans deux quartiers Wiam et Shetit de Laghouat. L'étude est achevée par une conclusion générale et des perspectives.

Première partie
Partie bibliographique

I. Généralités sur l'eau

I.1. Composition chimique

L'eau n'est pas seulement un ensemble de molécules de H₂O (deux atomes d'hydrogène et un atome d'oxygène). Naturellement, elle contient une très grande variété de matières dissoutes, inertes ou vivantes : des gaz, des substances minérales ou organiques, des microorganismes (bactéries, virus, plancton), ainsi que des particules en suspension (fines particules d'argiles, limons et déchets végétaux). En effet, l'eau est un excellent solvant qui se charge en composés solides ou gazeux tout au long de son cycle, suivant les milieux (rivières, zones humides, roches, atmosphère, etc.) dans lesquels elle circule ou séjourne :

- Quand elle tombe en pluie, elle se charge des poussières atmosphériques,
- Quand elle ruisselle sur les sols, quand elle s'infiltré dans le sous-sol, elle se charge des produits d'altération des roches.

La composition chimique de l'eau est ainsi complètement liée aux caractéristiques du bassin versant dans lequel elle opère son cycle (la nature du sol et du sous-sol, les espèces végétales et animales, mais également les activités humaines (**BOUCHEKIMA.B et al. 2000**)).

I.2. Cycle de l'eau

L'eau est très présente sur notre planète, les océans recouvrent trois quarts de la surface terrestre (70%). La totalité de l'eau sur terre représente un volume de 1,4 milliard de km³, sous forme liquide, solide et gazeuse (**ZAHID et al. 2010**). Entre les grands réservoirs d'eau de l'hydrosphère que sont les mers et océans, les eaux continentales (superficielles et souterraine), l'atmosphère et la biosphère, l'échange d'eau est permanent et forme ce que l'on appelle le cycle externe de l'eau. Le moteur de ce cycle est l'énergie solaire qu'il rayonne, il active et maintient constamment les masses d'eau en mouvement (condensation, évaporation,...) chauffée par le soleil, l'eau des océans, des mers, des rivières des lacs s'évapore ; à ce volume s'ajoute la vapeur d'eau issue de la transpiration des plantes. Toute cette vapeur d'eau monte dans l'atmosphère et se refroidit. Elle se condense alors et forme des gouttes ou des cristaux. Les nuages ainsi constitués se déplacent avec le vent. Ils laissent échapper leur contenu sous forme de précipitations (pluie, neige, grêle) ou de brouillard. La plus grande partie de l'eau tombe directement dans les océans. Le reste atteint les continents ou 60% s'évapore à nouveau, seul 25% s'infiltré dans la terre et alimente les nappes

souterrains, enfin 15% ruisselle et rejoint les cours d'eau pour retrouver ensuite l'océan et le cycle recommence. L'évaporation, l'action du vent, la condensation, les précipitations, les ruissèlements et l'infiltration, sont les 6 phases du cycle de l'eau (POITOU.C 2012).

Ce dernier se divise en deux parties intimement liées :

- Une partie atmosphérique qui concerne la circulation de l'eau dans l'atmosphère, sous forme de vapeur d'eau essentiellement.
- Une partie terrestre qui concerne l'écoulement de l'eau sur les continents, qu'il soit superficiel ou souterrain.

Cependant, la majeure partie de l'eau (93,23%) est contenue dans les océans, et salée, ce qui le rend relativement inutilisable par l'homme (RETIEL et al 2008, SADI 2000), L'eau douce n'en représente que 2,6%, la moitié de cette eau douce est disponible pour l'usage humain, soit seulement 0,3% du volume d'eau de la planète, soit 4 millions de km³ (figure1).

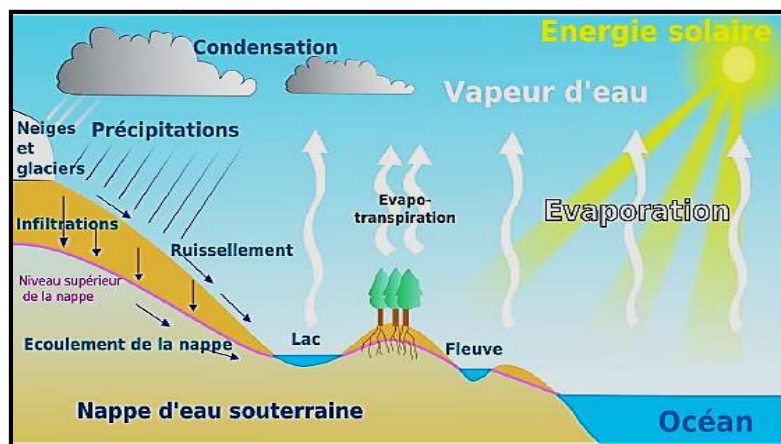


Figure 1 : Cycle général de l'eau (site d'internet : <http://ce2miri.unblog.fr/2016/05/04/>)

I.3. Evaluation des ressources hydriques en Algérie

L'Algérie dispose de ressources en eau très limitées. Tout au moins au nord où vivent les trois quarts de la population. Sur les 100 milliards de m³ que constituent les précipitations, nous concédons 85% à l'évaporation alors que sur les 12,5 milliards de m³ qui ruissellent 50% partent à la mer ou dans les chotts. Au nord, seuls 3,5 milliards de m³ sont « régularisables » (KEHAL,2007).

La pluviométrie est le paramètre le plus important dans l'évaluation des ressources en eau. Elle varie de plus de 2000 mm/an sur les hauts reliefs en bordure de la mer méditerranéenne et à moins de 100 mm/an au nord de Sahara (KEHAL,2007).

Les moyennes annuelles des précipitations suivent une zonalité générale Nord-Sud, qui définit les zones climatiques. Cependant, on note également des écarts notables entre l'Est et l'Ouest du pays. La région Oranaise (Ouest) est en général moins arrosée que le constantinois (Est), comme on peut le constater au **Tableau.1** Les précipitations sont croissantes d'Ouest vers l'Est. La pluviométrie a imprimé les grands traits de la répartition générale des ressources en eau, superficielles et souterraines, et explique, en grande partie, les différences régionales.

Tableau 1 : Précipitation (mm) (KEHAL, 2007).

| Région | Précipitations en (mm) | | |
|--------------------------|------------------------|----------------------|---------|
| | Ouest | Centre | Est |
| Littoral | 400 | 700 | 900 |
| Atlas Tellien (plaines) | 500 | 450 | 700 |
| Atlas Tellien (reliefs) | 600 | 700-1000 800-1600 | |
| Haut plateaux Tellien | - | - | 400 |
| Haut plateaux Steppiques | 50 | 250 | - |
| Atlas Saharien | 200 | 200 | 400-700 |
| Sahara Septentrional | | 50 | 50-150 |

Ainsi, la région tellienne qui ne représente que 7% de la surface du pays représente à elle seule plus de 90% de l'écoulement total. Avec un déficit aussi conséquent, il s'agit de mettre en œuvre une stratégie homogène et rationnelle en tenant compte des potentialités et des compromissions de la nature. Ce déficit fait que l'Algérie est classée 14^{ème} pays manquant le plus d'eau et qu'en 2025, elle sera, démographie oblige, classée à la 6^{ème} place ; déjà quel 'algérien consomme uniquement 55 m³ par an (KEHAL, 2007).

Dans le monde Arabe, le volume total des eaux de surface est estimé à 204 milliards de m³. Au Maghreb, l'Algérie avec sa centaine de barrages ne mobilise que 4.5 10⁹ m³ alors que le Maroc avec 33 barrages mobilise 10 10⁹ m³, tandis que la Tunisie avec ses 28 barrages totalise 2,4 10⁹ m³. Pour l'ensemble des barrages Algériens les sédiments déposés sont évalués à 100 10⁶ m³ en 5 ans soit 20 10⁶ m³ /an de volume perdu.

Les eaux souterraines sont évaluées à 1,8 milliards de m³ dans le Nord de l'Algérie. Les potentialités du sud sont estimées à 60000 milliards de m³. Ces dernières sont difficilement exploitables et renouvelables ; et 4 à 5 milliards de m³ sont exploitables annuellement (KEETAB, 2001).

I.4. Consommation de l'eau potable en Algérie

La demande en eau douce, croit chaque année de 4 à 5% (Tableau 2), tandis que les ressources naturelles restent invariables pour ne pas dire qu'elles diminuent (problème de pollution de plus en plus grand). Cette équation montre que bientôt la demande sera supérieure aux ressources

Tableau 02 : Les potentialités en eau dans l'Algérie (KEHAL,2007).

| Année | 1962 | 1990 | 1995 | 1998 | 2000 | 2020 |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|
| ³ m /habitant | 1500 | 720 | 680 | 630 | 500 | 430 |

La consommation d'eau distribuée est de 161 L/hab/j. Pour les 20 années à venir et afin de résoudre le problème de la pénurie d'eau, l'investissement est estimé à 17 milliards de dollars, sans parler de la réhabilitation et le renouvellement des différentes infrastructures (300 millions de \$), soit au total 1,2 milliard de \$/an.

En Algérie, la population était estimée à 23 millions en 87 ; 28 en 95 ; 32 en 2000 ; 36 en 2010 ; et 46 en 2020, soit une consommation potable et industrielle de l'ordre de 5 milliards de m³ alors que la mobilisation actuelle est à peine de 2 milliards de m³. Il faudrait mobiliser dans les 20 ans à venir 3 milliards de m³, en excluant les eaux d'irrigations et les fuites dans les conduites. Les superficies irriguées sont estimées à 450000 Ha, l'objectif à atteindre à court terme étant de 770000 Ha, et si l'on suppose qu'en moyenne, il faut 8000m³ /ha, il nous faudrait mobiliser 6,2 milliards de m³.

En conclusion, il faudrait mobiliser en 2020, plus de 11 milliards de m³ d'eau, alors que nos capacités théoriques sont de 6 milliards, un réel défi à relever, mais surtout une stratégie et une politique à définir.

Le problème de la ressource en eau est lié principalement à l'érosion des sols ; au stockage ; dépôt de sédiments et à la qualité des eaux ; les moyens de lutte : sont le reboisement de bassins versants ; la surélévation des digues ; la construction de barrages de décantation ; et les dragages des barrages qui sont actuellement insuffisants (AHMED.K 2001).

I.5. Qualité des eaux souterraines

Étant donné que les eaux souterraines sont généralement pures sur le plan bactériologique (UNICEF, 1999) elles constituent une meilleure solution que les eaux de surface en termes de génie sanitaire (FIAMBSCH, 1998).

Dans la réalité, les eaux souterraines sont rarement stables tout au long de l'année. Il faut étudier leur évolution surtout pendant les précipitations importantes où elles peuvent devenir troubles ou même être souillées par une nappe phréatique d'une rivière voisine. Elles peuvent être également polluées à partir du sol par des épandages de pesticides et des rejets d'eau résiduaux d'origines animale ou humaine (GAUJOUR, 1995).

I.5.1. Caractéristiques d'une eau potable et la réglementation Algérienne

Ces textes sont tirés du journal officiel de la république Algérienne (N°3517-Aoul Safar 1419/27 Mai 1998) (ANNEXE 1).

➤ Norme de potabilité des eaux de consommation

La présente norme Algérienne NA 6360-1992 est inspirée des normes de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) relatives aux eaux et des normes prescrites dans les directives de la communauté Économique Européenne (CEE).

➤ Objet et domaine d'application

La présente norme a pour objet de fixer les spécifications organoleptiques, bactériologiques, physico-chimiques et toxicologiques des eaux destinées à la consommation (annexe).

Une eau potable doit présenter un certain nombre de caractères physiques, chimiques, biologiques et en outre répondre à des critères organoleptiques essentiels (elle doit être incolore, insipide, inodore, fraîche) appréciés par le consommateur (voir Tableau 3). Toutefois, ses qualités ne peuvent pas se définir dans l'absolu, ni d'une manière inconditionnelle. L'Organisation Mondiale de la Santé a édicté des normes internationales pour l'eau de boisson, qui comprennent un exposé général des normes bactériologiques, physiques, chimiques, biologiques et radiologiques.

Selon les normes de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), une eau destinée aux usages domestiques doit avoir une salinité inférieure ou égale à 0,5 g/L, avec une dureté (T.H) entre 1,5 et 3 degré français (°F) et elle ne doit pas contenir plus de 200 mg/L de chlore, ni

plus de 75 mg/L de calcium, ni plus de 50 mg/L de magnésium, ni plus de 150 mg/L de sulfates (BOUCHEKIMA.B et al. 2000).

Tableau.3 Recommandations de l'OMS sur la qualité de l'eau potable (THIVIERGE.J 1995)

| <i>Paramètres</i> | <i>Limites supérieures recommandées</i> | <i>Unités</i> |
|---------------------------------|---|---------------|
| <i>Constituants inorganique</i> | | |
| Arsenic | 0,05 | mg/L |
| Cadmium | 0,005 | mg/L |
| Chrome | 0,05 | mg/L |
| Cyanide | 0,1 | mg/L |
| Fluor | 1,5 | mg/L |
| Plomb | 0,05 | mg/L |
| Mercuré | 0,001 | mg/L |
| Nitrate | 10 | mg/L(N) |
| Sélénium | 0,01 | mg/L |
| <i>Qualité Esthétique</i> | | |
| Aluminium | 0,2 | mg/L |
| Chlorure | 250 | mg/L |
| Couleur | 15 | TCU |
| Cuivre | 1,0 | mg/L |
| Dureté | 500 | mg/L |
| Fer | 0,3 | mg/L |
| Manganèse | 0,3 | mg/L |
| pH | 6,5-8,5 | - |
| Sodium | 200 | mg/L |
| Solides dissous | 1000 | mg/L |
| Sulfate | 400 | mg/L |
| Goût et odeur | - | - |
| Turbidité | 5 | NTU |
| Zinc | 5,0 | mg/L |

I.6. Les nappes de l'eau

I.6.1. Définitions

« L'aquifère », ou encore la nappe d'eau souterraine est un gisement d'eau souterraine utilisable comme source d'eau (KETTAB, 1992). Une nappe est constituée par l'ensemble de l'eau qui occupe les interstices de roches poreuses dans un domaine défini par son épaisseur et son étendue (POMEROL et RENARD, 1997).

I.6.2. Les différents types de nappes

I.6.2.1. Nappe libre

C'est une nappe qui peut se développer librement vers le haut puisque le terrain perméable, siège d'une nappe aquifère, n'est pas couvert par une couche imperméable (**BONNIN, 1982**).

I.6.2.2. Nappe captive

Lorsque la couche perméable est emprisonnée entre deux couches imperméables, la nappe ne peut se développer vers le haut et est alors appelée nappe captive (**BONNIN J., 1982**). Les nappes peuvent être classées en nappes phréatiques et nappes profondes. Les nappes phréatiques sont celles qui reposent sur la première couche imperméable proche du niveau du sol, sont toujours libres et souvent contaminées. Les nappes profondes dites subordonnées reposent sur une couche perméable plus profonde et peuvent être libres ou captives (**DUPONT, 1974**).

I.7. Pollution de l'eau et des eaux souterraines

La pollution de l'eau est actuellement placée en tête des problèmes de l'environnement car l'eau est une interface entre l'air et le sol. 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.

L'activité humaine, qu'elle soit industrielle, urbaine ou agricoles, produit une quantité de substance polluantes de toute nature qui sont à l'origine de différents types de pollution qui peuvent être permanentes (rejets domestiques d'une grande ville par exemple), périodique ou encore accidentelles ou aiguës, à la suite du déversement intempestif des produits toxiques d'origine industrielle ou agricole, ou de lessivage des sols urbains lors de fortes pluies (**RODIER, 2005**). La pollution participe de ce fait à diminuer les volumes d'eau utilisable par les populations. Elle engendre aussi des maladies et les phénomènes d'eutrophisation dans les réserves d'eau et un déséquilibre dans l'environnement naturel (**ZELLA, 2007**).

La pollution des eaux souterraines est le risque permanent de l'élimination de la ressource en eau dans un proche avenir (**CASTANY, 1982**). C'est une pollution très discrète mais très persistante et ses conséquences doivent être envisagées sur le très long terme (**GAUJOUS, 1985**).

La pollution des eaux souterraines est favorisée par certains aménagements et pratiques :

- Mauvaises gestions des eaux de ruissellement.
- Interventions qui favorisent l'infiltration dans la nappe : Forage de puits sans précaution, ouverture du gravier, puits perdus (infiltration des eaux usées).
- Modification des pratiques agricoles : remplacement de la prairie par des cultures intensives (**GAUJOUS, 1985**).

I.8. Traitement des eaux

L'objectif fondamental du traitement de l'eau est de protéger les consommateurs des micro-organismes pathogènes et des impuretés désagréables ou dangereuses pour leur santé. Qu'elles soient d'origine souterraines ou superficielles, les eaux utilisées pour l'alimentation humaine sont rarement consommables telles quelles. Il est souvent nécessaire de leur appliquer un traitement plus ou moins approprié (**VALENTIN, 2000**). Si une protection contenue de la source aux consommateurs ne peut être garantie, il sera impératif de procéder à une désinfection et de maintenir une concentration de chlore résiduel suffisante (**OMS, 1994**).

I.9. Les maladies à transmission hydriques (MTH) en Algérie

L'eau ressource naturelle, indispensable à la vie, mais aussi elle est devenue de manière directe ou induite la première cause des maladies et de mortalité dans le monde. Les effets de l'eau sur la santé de l'homme ont été aperçus depuis l'antiquité, mais ce n'est que durant le siècle dernier que le rôle de certains micro-organismes présentent dans l'eau a été démontré dans l'apparition des affections hydriques (les travaux de John Snow et Robert Koch sur les diarrhées et le choléra). Actuellement, on remarque que les maladies liées à l'eau sont de plus en plus répandues et qu'elles présentent des variations considérables sur le plan de leur nature et de leur mode de transmission (**RODIER J., 1999**).

Les maladies hydriques appelées par contraction (M T H) sont des maladies « de l'eau sale » causée par une eau contaminée par des déchets humains, animaux ou chimiques. Selon l'organisation mondiale de la santé l'OMS, plus d'un milliard de personnes à travers le monde n'ont pas accès à une eau salubre et 30 millions de personnes meurent suite d'une épidémie ou d'une contagion due à la pollution. Toujours selon l'OMS en 1990, près de 5 millions d'enfants dans le monde sont morts de maladies à transmission hydrique (**FRANÇOIS ANCTIL., 2008**).

De manière générale, la santé de l'homme est altérée si l'eau dont il dispose est de mauvaise qualité ou bien si elle est polluée par des agents pathogènes ou par des substances toxiques. Les principaux symptômes de toutes les maladies hydriques sont les suivants : diarrhées ou rarement constipations, crampes abdominales, fièvre et vomissements. Cette similitude de symptômes ne facilite pas l'établissement d'un diagnostic sûr, c'est pourquoi, pour aider le médecin dans cette tâche, on doit lui fournir le maximum d'indices (pays récemment visités, personnes rencontrées, aliments consommés, précautions prises et risques professionnels) (FRANÇOIS ANCTIL., 2008).

I.9.1. Les maladies hydriques d'origine bactérienne

Depuis l'indépendance la tendance évolution des maladies à déclaration obligatoire montre la pré-dominance des maladies liées à l'hygiène du milieu en général et des maladies à transmission hydrique en particulier.

En effet, les maladies à transmission hydrique (surtout le choléra, la fièvre Typhoïde, les dysenteries, hépatite, virale « A »,...) Sont en termes de morbidité les premières maladies à déclaration obligatoire notifiées au ministère de la santé, elles représentent 39 % (BRIERE F.G., 2000). de l'ensemble des maladies déclarées.

Ce sont des maladies des réseaux parce que la majorité des cas sont dues à des cross connexions entre réseau d'ADE et assainissement. Parmi les causes principales qui ont entraîné l'apparition des épidémies on citera:

- Infiltration des eaux usées dans les puits individuels.
- Cross-connexions au niveau des réseaux d'AEP et d'assainissement.
- Non respect aux normes de réalisation des réseaux.
- Vétuste des réseaux.
- Irrigation des cultures par les eaux usées

I.9.1.1. Le choléra

Le choléra est une maladie aiguë et diarrhéique provoquée par une infection d'intestin par la bactérie vibrion-Cholérique. La maladie peut s'étendre rapidement dans les secteurs où le traitement des eaux usées et l'eau potable est inadéquat

I.9.1.2. Fièvre typhoïde

Fièvre d'origine bactérienne qui entraîne de la fièvre, des maux de tête, de l'anorexie, un ralentissement du rythme cardiaque, une augmentation du volume de la rate, la formation de taches roses sur le corps, une toux sèche et de la constipation. Cette maladie, qui peut être bénigne et asymptomatique, peut entraîner la mort dans 1% des cas (**FOLIGUET J., 1982**).

I.9.1.3. Fièvre paratyphoïde

Maladie d'origine virale, cliniquement semblable à la fièvre typhoïde. Le taux de mortalité est toutefois plus faible (**FOLIGUET J., 1982**).

I.9.1.4. Dysenterie

Terme générique qui caractérise des maladies entraînant une diarrhée douloureuse et sanglante accompagnée de coliques, de nausées et de vomissements, dysenterie bacillaire ou shigellose (causée par diverses bactéries), dysenterie amibienne ou amibiase (causée par des amibes). Seule la shigellose peut entraîner la mort, les taux de mortalité peuvent atteindre 20%. (**FOLIGUET J., 1982**).

I.9.1.5. Diarrhées infectieuses

Maladies causées par diverses bactéries et dont les symptômes sont des selles liquides, des vomissements et de la fièvre. En général, elles n'entraînent pas la mort (**BRIERE F.G., 2000**).

I.9.2. Maladies hydriques provoquées par des virus

L'hépatite se transmet par les mains sales « maladies de mains sales » et les aliments souillés. L'évolution clinique de l'infection varie de la maladie anictérique à l'ictère sévère et prolongé. Le virus de l'hépatite A ne cause pas de maladie chronique du foie mais plusieurs complications peuvent accompagner l'affection. (**BRIERE F.G., 2000**).

I.9.3. Problèmes sanitaires en relation avec la constitution des eaux

Les maladies associées à l'eau ne sont pas liées uniquement à la présence de germes pathogènes dans l'eau, mais aussi à plusieurs substances d'origine organique ou minérale présentés par défaut (maladies de carence) ou en un excès dans l'eau de boisson, parmi les maladies de carence, on distingue surtout les caries dentaires en carence en fluor et le goitre en carence en iode. Parmi les maladies en excès on distingue : la fluorose causée par une prise excessive de fluor. (**FOLIGUET J., 1982**).

Certaines substances présentes dans l'eau de boisson peuvent également mettre en danger la vie des individus (les métaux lourds par exemple).

I.9.4. Situation épidémiologique au niveau de la ville de Laghouat

A la lecture du (**Tableau 4**) il apparaît que la ville de Laghouat enregistre des taux élevés des MTH pendant la période (2000-2005), surtout la maladie de Dysenterie, Celle -ci est due surtout à l'urbanisme rapide et désordonnée aggravé par l'absence de conformité des réseaux d'approvisionnement en eau potable.

Le facteur le plus fréquemment en cause dans l'apparition des bouffées de MTH est l'interconnexion (Cross-connexion) entre réseaux d'AFP et réseau d'assainissement

Tableau 4: Evolution de l'incidence des maladies à transmission hydrique dans la ville de Laghouat durant la période (2000-2015)

Source : DSP (Direction de la santé et de la population)

| Année | typhoïde | Hépatite virale A | Dysenterie |
|-------|----------|-------------------|------------|
| 2000 | 20 | 00 | 22 |
| 2001 | 8 | 03 | 31 |
| 2002 | 11 | 01 | 25 |
| 2003 | 10 | 04 | 16 |
| 2004 | 09 | 00 | 16 |
| 2005 | 06 | 00 | 03 |
| 2006 | 00 | 00 | 03 |
| 2007 | 06 | 00 | 00 |
| 2008 | 00 | 00 | 00 |
| 2009 | 02 | 00 | 00 |
| 2010 | 00 | 02 | 00 |
| 2011 | 00 | 00 | 00 |
| 2012 | 01 | 00 | 00 |
| 2013 | 00 | 00 | 00 |
| 2014 | 01 | 00 | 00 |
| 2015 | 00 | 00 | 00 |

II. Revue générale sur la zone d'étude

La ville de Laghouat (Algérie), chef-lieu de wilaya, est située à 400 km au sud d'Alger sur l'axe routier Alger Ghardaïa à une altitude moyenne de 750 m sur le flanc sud de l'Atlas saharien. Elle, perché entre deux régions distinctes, l'atlas saharien au nord et les plateaux sahariens au sud elle est limitée :

- Au nord par la commune de sidi Makhlouf
- Au sud par la commune d'El Kheneg et la commune de BenacerBenchohra
- A l'Est par la commune d'El assafia
- A l'Ouest par la commune de Tadjmout.

Elle se caractérise par un climat Saharien, avec une amplitude thermique. Le maximum est enregistré pendant le mois de juillet et le minimum au mois de janvier. Les données enregistrées à la station de Laghouat située dans le piémont sud de l'atlas indiquent un max de 42,9 C° en juillet et un minimum de 5 C°. (**GENIATECH CONSULT 2013**).

Laghouat présentait un étage bioclimatique aride inférieur (**SELTZER, 1946**) ; alors qu'elle était classée dans l'étage bioclimatique saharien selon les données de l'**O.N.M 2009**. Les précipitations sont irrégulières, et varient entre 1 mm et 200 mm par année exceptionnelle. La répartition annuelle des pluies est caractérisée par une période pluviale est c'est la saison d'automne étant celle des précipitations sont les plus importantes, soit 36 mm du total annuel. Avec le mois d'octobre est le plus arrosé alors que le mois de juillet et le plus sec (Tableau 5).

Tableau 5: Donnée de la pluviométrie moyenne à différentes périodes (**ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975**).

| Stations | Altitude | Seltzer 1913-1937 | Medinger 1913-1953 | S.C.E.T coop 1950-1961 | 1960- 1980 | 1979-1980 |
|----------|----------|----------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|-----------|
| Laghouat | 765 m | 167 mm | 176 mm | 172 mm | 151mm | 184 mm |

Les directions des vents sont variables, le vent le plus dominant est celui du sud-ouest, les Siroccos (vent chaud et sec) sont d'origine saharienne ils sont fréquents dans la région le mois de juin et juillet et qui portent des grands préjudices aux cultures. L'évaporation est très importante, et accentuée par la sécheresse de l'air et les fortes températures (**ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975**).

II.1. Tectonique et structure de la région

La région de Laghouat se situe dans un domaine structural subdivisé en deux sous domaines différents par leur tectonique et leurs structures à savoir :

- L'Atlas saharien au Nord
- Le Sahara au Sud

II.1.1. L'Atlas Saharien du cercle de Laghouat

Ce domaine est formé par une succession de synclinaux et d'anticlinaux de direction générale SW/NE. Les synclinaux sont caractérisés par leurs corniches calcaires qui ressortent très nettement dans le paysage. Le cœur des anticlinaux est albien. (GENIATECH CONSULT 2013).

II.1.2. La structure sud atlasique :

Cette structure correspond à une limite naturelle ; constituée essentiellement par la formation calcaro-dolomitique du turonien et un cénomanien à dominance marneuse ; séparent le domaine saharien du domaine atlastique où elle exerce un rôle hydrogéologique. Elle est matérialisée par les petits reliefs que forment le Kef Seridja, El Maabad et le Rocher des chiens. Les couches crétacées plongent à la verticale dans ces endroits (GENIATECH CONSULT 2013).

II.1.3. Le domaine saharien :

Au sud de l'Atlas saharien, le pays des dayas se présente comme des grandes moi-pliocène, correspondant à des dépressions occupées par une pellicule de limon provenant du lessivage des berges, Entre l'atlas et le Sahara existe un sillon collectant les eaux crues de l'Oued M'zi. C'est la gouttière d'Oued M'zi et d'Oued Djedi. (GENIATECH CONSULT 2013).

II.2. Hydrogéologie de la région de Laghouat

II.2.1. Le turonien

Le turonien représente un intérêt du point de vue hydrogéologique, la nappe aquifère du turonien est principalement étendue dans les structures négatives (**Figure 2**) (Dj.Milok, Dj. Dahkla, Dj. Kahil, etc ...). Les terrains aquifères sont de nature calcaro-dolomitique massifs fissurés. L'alimentation se fait par l'infiltration des précipitations atmosphériques. Le débit est de 12 à 15 l/s soit 410000 m³/an. D'après leur composition chimique, les eaux du Turonien sont sulfato-calcique. (GENIATECH CONSULT 2013).

II.2.2. Le barrémien

Dans cette zone. Essentiellement détritique, gréseux, les intercalations d'argiles sont importantes à la base et au sommet ; elles délimitent des ensembles aquifères pouvant donner de gros débits (**Figure 2**). Le barrémien présente des terrains encaissés de sables et grès fins, la dureté est moyenne, siliceux ; parfois ils sont enrichis des graviers et de petits galets de quartz ; le ciment est calcaro-argileux, plus rarement calcaire. (**GENIATECH CONSULT 2013**).

Tableau 6 : caractéristiques des entités hydrogéologique (région de Laghouat). (**GENIATECH CONSULT 2013**).

| Daira | Nappe | Prof(m) | Débit (l/s) | Rs (g/l) | Ns (m) |
|----------|------------------|---------|-------------|----------|--------|
| Laghouat | Quaternaire | 50-100 | 10-25 | 1.2 | 10-20 |
| | Moi-pliocène | 100-200 | 10-25 | 1 | 15-25 |
| | Turonien | 100-300 | 15 | 1 | 15 |
| | Albien-Barrémien | 100-200 | 15-25 | 1.5 | 10-40 |

II.2.3. Le réseau hydraulique de la ville

La ville de Laghouat est alimentée par : 25 forages avec un Débit de 429 l/s. Les ressources souterraines mobilisées par le biais produisent 22100 M³/ an sont affectées pour l'alimentation en eau potable des populations (177321), les besoins du secteur industriel et agricole (**ADE 2016**).

Pour l'alimentation en eau potable presque toutes les zones de la ville reçoivent une dotation moyenne réelle de 190 L/j habitants, et le taux de raccordement au réseau est de 99% ; ce réseau est long de 938,829 Km avec une capacité de stockage : 68010 M³ et 67 225 foyers sont raccordés à ce réseau (**ADE 2016**).

La ville de Laghouat est alimentée par plusieurs forages trouvés dans : Djebel Lahmar , chapeau de gendarme ,Sidi Hakoum ,El Merdja et autres.

II.2.3.1. Les Forage Sidi Hakoum

Les quatre forages Sidi Hakoum sont situés au Nord Est de la ville (**Figure 3**) . Ils sont mis en service entre 1986 et 2001. Il est foré dans la nappe barrémienne à une profondeur entre 55 m et 150 m. Le débit volumétrique qui est mobilisé par les quatre forages est de 70m³/h (**Tableau 7**). . Il alimente le réservoir d'adduction Sidi Hadj Aissa et le complexe du réseau d'adduction du quartier Shetit (**ADE, 2016**).

II.2.3.2. Les Forages T'eniati R'mel

Les deux forages T'eniati R'mel sont situés au Nord de la localité de Wiam (**Figure 3**). Ils sont mis en service en 2009 et 2011 respectivement. Il est foré dans la nappe turonienne à une profondeur de 100 m. Le débit volumétrique qui est mobilisé par le forage est de 44m³/h (**Tableau 7**). Il alimente le complexe du réseau d'adduction de la localité Wiam, par une conduite en PVC, avant d'alimenter le réservoir d'adduction (**ADE, 2016**).

II.2.3.3. Réservoir de Sidi Hadj Aissa

Le Réservoir de Sidi Hadj Aissa, se situe au Nord Est de la ville. Il est présentement qualifié de bon état. Il comprend un réservoir de stockage d'une capacité estimée à 1500 m³, et un surélevé de 150 m³ pour augmenter la pression de l'eau.

Le réservoir est alimenté par un mélange de quatre forages dont celui de Sidi Hakoum 1, 2, 3, et 4. Les localités alimentées à partir de cette adduction d'eau sont le quartier de Shetit et l'Ecole d'application de la défense contre avions et il est sous une gestion militaire (**ADE, 2016**).

II.2.3.4. Réservoir de Wiam

Le Réservoir de Wiam, se situe au nord de la ville. Il est mis en service en 2009. Il est en bon état. Il comprend un réservoir de stockage d'une capacité estimée à 1000 m³, et un surélevé de 300 m³ pour augmenter la pression de l'eau. Le réservoir est alimenté par un mélange de deux forages dont celui de T'eniati R'mel 23, 25. Les localités alimentées à partir de cette adduction d'eau sont les quartiers de Wiam, Mosalaha, Mhafir des 430, des 70 à logements, (**ADE, 2016**).

II.2.3.5. Quartier Shetit

Le quartier Shetit se situe au Nord Est de la ville (**Figure 3**). Il existe dans cette localité surtout des habitations individuelles. C'est une des anciennes localités de la ville de Laghouat. On trouve plusieurs types de canalisations (acier, galvanisé, PEHD, PVC, ammonite, ciment). Ce quartier est alimenté principalement par 4 forages à Sidi Hakoum. La qualité d'eau de ces derniers est moyenne selon **ADE (2016)**. Le réservoir de Sidi Hadj Aissa qui a une capacité de 1500m³ alimente ce quartier à partir de 16 :30h jusqu'à 20 :30h.

II.2.3.6. Quartier Wiam

Le quartier Wiam se situe au Nord Ouest de la ville (**Figure 3**). C'est un nouveau quartier administratif, à habitation collective, et à habitation individuelle, il est peuplé, et on

trouve deux types de canalisation en PEHD (60%) et 40% PVC. Ce quartier est alimenté principalement par deux forages de Djbel Lahmar. Le réservoir de Wiam qui a une capacité de 1000m³ alimente le quartier la matinée de 06 h du matin jusqu'à 11 h et le soir de 16 :30h jusqu'à 23 h il distribue 4000 m³ par jour (ADE 2016).

Tableau 7 : donnée des forages qui alimenté le quartier de Shetit et Wiam (ADE 2016)

| Daira | Commune | Gestionnaire | Nom de forage | Nappe | Coordonnées Lambert | | Profondeur aquifères | | Débit l/s | Date de mise en service | Qualité d'eau |
|----------|----------|--------------|------------------|-----------|---------------------|-------|----------------------|----------|-----------|-------------------------|---------------|
| | | | | | x | y | z | Prof (m) | | | |
| Laghouat | Laghouat | ADE | Djebel Lahmar 23 | Turonien | / | / | / | 100 | 22 | 2009 | Moyenne |
| Laghouat | Laghouat | ADE | Djebel Lahmar 25 | Turonien | / | / | / | 100 | 20 | 2011 | Moyenne |
| Laghouat | Laghouat | ADE | Sidi hakoum 01 | Barrémien | 517,5 | 356,7 | 760 | 55 | 10 | 1986 | Moyenne |
| Laghouat | Laghouat | ADE | Sidi hakoum 02 | Barrémien | 518,9 | 356,1 | 760 | 85 | 24 | 1988 | Moyenne |
| Laghouat | Laghouat | ADE | Sidi hakoum 03 | Barrémien | 517,8 | 356,1 | 760 | 100 | 16 | 1988 | Moyenne |
| Laghouat | Laghouat | ADE | Sidi hakoum 04 | Barrémien | 519 | 356 | 760 | 150 | 20 | 2001 | Moyenne |

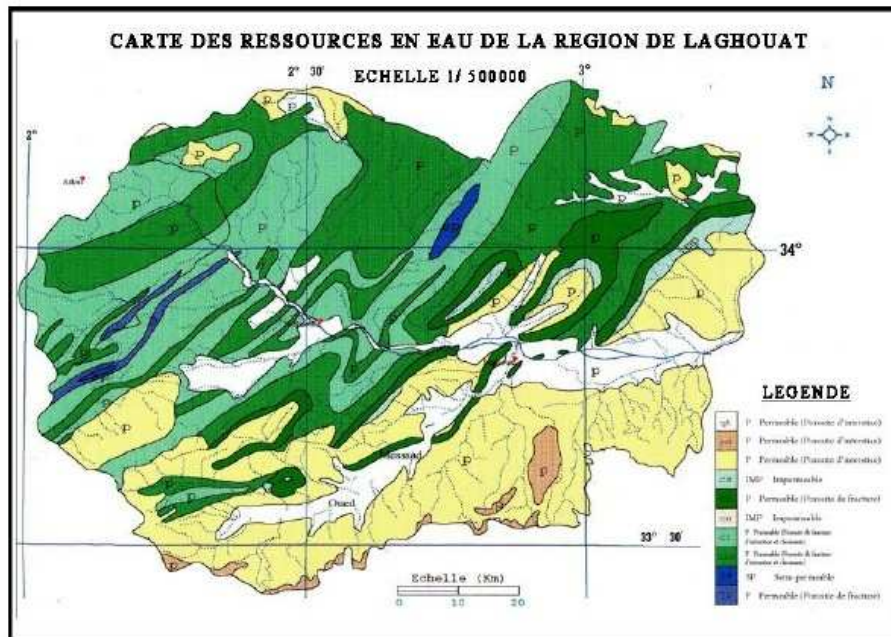


Figure 40: Carte des ressources en eau de la région de Laghouat 1/500.000

Figure 2 : carte des ressources en eau de la région de Laghouat 1/500.00

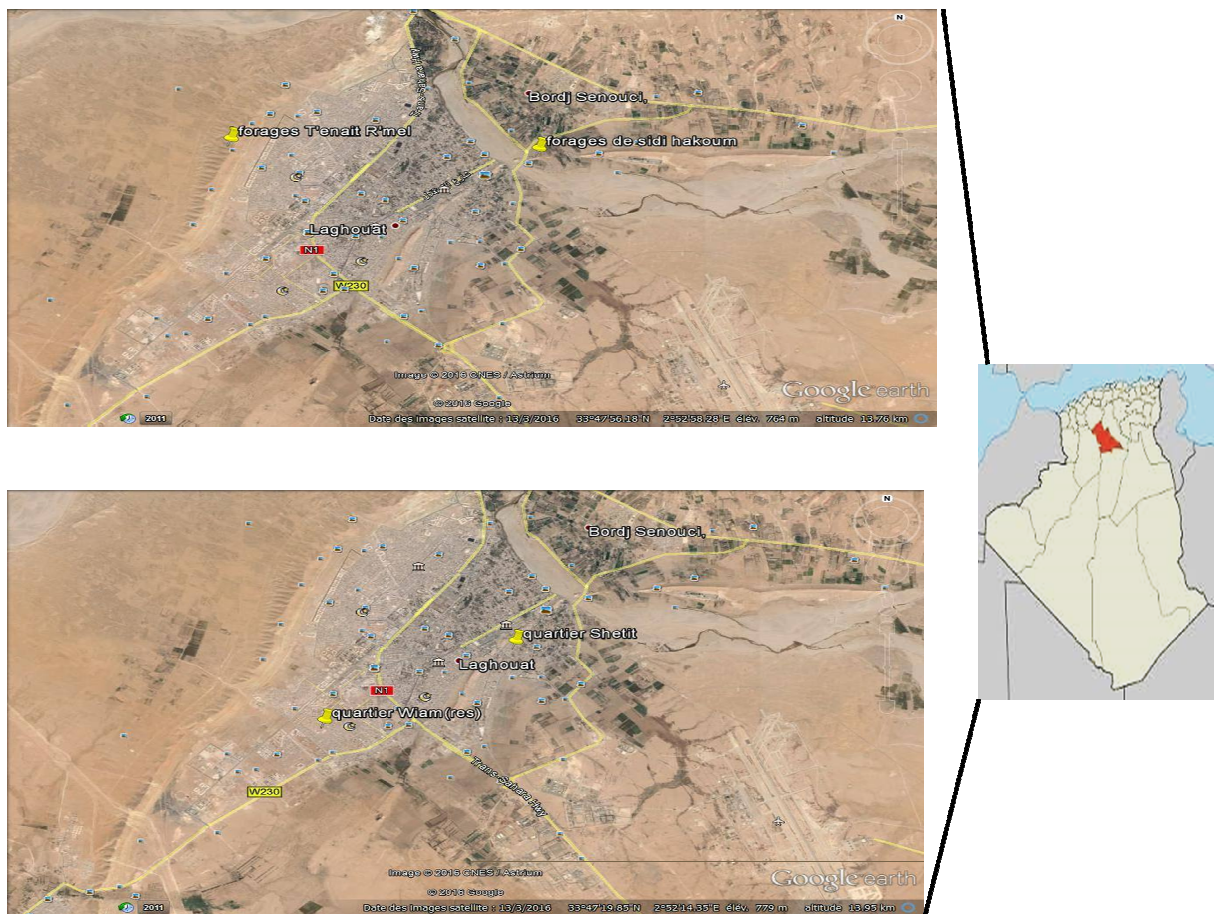


Figure 3 : situation géographique du forage de Sidi Hakoum et Djbel Lahmar et le quartier de Shetit et Wiam

II.3. Influence du choix des matériaux

Les interactions entre l'eau et les matériaux du réseau de distribution, c'est-à-dire le contenant, peuvent être à l'origine de dégradation de la qualité de l'eau distribuée. Il faut éviter le contact direct eau / métal (acier fonte) de façon à lutter contre tout phénomène de corrosion. Dans les anciens réseaux constitués majoritairement de fonte grise non revêtue intérieurement, des campagnes de nettoyage ont montré (cas du Syndicat des Eaux d'Ile de France) que les dépôts recueillis par décantation sont essentiellement constitués de 40 % en poids de fer (**Ashworth et Colbourne 1986**).

Pour tout matériau métallique, la migration de micropolluants dans l'eau liée fondamentalement à des réactions électrochimiques de corrosion, existe aussi, bien pour le cuivre (eaux à pH bas, effet tampon faible), le plomb (eaux à pH inférieur à 7, teneur en O₂ dissous non négligeable, faible minéralisation), les canalisations en acier galvanisé (après corrosion, on observe la migration de zinc parfois contaminé par le plomb, l'arsenic et le cadmium), et des alliages métalliques qui peuvent re-larguer certains éléments suivant la qualité de l'eau en contact. (**SCHULHOF, 1990**)

Pour les matériaux à base de ciment (béton notamment), avec une eau agressive (sous-entendu au carbonate de calcium), la chaux du liant se dissoudra progressivement en entraînant une élévation de la porosité du matériau et une élévation du pH de l'eau sans autre conséquence majeure sur la qualité (**Ashworth et Colbourne 1986**).

Les joints des réseaux qui constituent aussi le contenant, sont soupçonnés, dans certains cas, de re-larguer des substances nutritives dans l'eau pouvant stimuler la croissance bactérienne : c'est l'exemple des joints de filasses et des presses-étoupes utilisés encore jusqu'à une époque récente. Certains matériaux de revêtement interne de grosses conduites ou de réservoirs re-largueront pour leur part des polymères ou des adjuvants, ou des solvants ce qui se traduira par l'apparition de saveurs désagréables. (**SCHULHOF, 1990**)

L'EPA (1992) a observé ce phénomène pour le caoutchouc, la silicone, le PVC, certain polyéthylène et les revêtements bitumineux. Plusieurs plaintes ont été constatées en Grande-Bretagne dans le courant des années 80 à ce sujet (**Ashworth et Colbourne 1986**). Pour la mise en œuvre de ces matériaux dans les revêtements d'étanchéité, il convient d'être particulièrement attentif aux critères suivants (**SCHULHOF, 1990**) :

- contraintes de mise en œuvre sur les chantiers
- adhérence au support maçonné

- compatibilité du produit avec les modalités de nettoyage des ouvrages.

Certains matériaux sont aussi le support de prolifération bactérienne. Les tuyauteries ou matières plastiques qui ont l'avantage de supprimer les risques de corrosion, et de réduire dans certains cas le nombre de joints, donc des fuites, peuvent dans des situations d'emploi particulières entraîner une dégradation de la qualité de l'eau, par exemple dans des zones à risque de pollution par hydrocarbures ou solvants (stations-services, teintureries, industrie à chimie organique, ...) (**SCHULHOF, 1990**)

En effet, les matériaux plastiques sont, pour certains, perméables à ces produits organiques, qui migrent alors en phase gazeuse ou liquide à travers la paroi des tuyaux (permutation). Outre des risques de contamination chimique de la qualité de l'eau, ces contaminants constituent parfois, suivant leur biodégradabilité, des nutriments pour la flore bactérienne. (**Ashworth et Colbourne 1986**).

Le plomb utilisé pour les branchements faits de plomb ou les brasures qui en contiennent (jusque dans les années 1990) ainsi que pour les canalisations intérieures (antérieures aux années 1950) est également une source importante de dégradation de la qualité de l'eau potable. Sur de longues durées (plus de six heures), le plomb peut se dissoudre dans l'eau potable accumulée dans les tuyauteries en contenant notamment en fonction des caractéristiques de l'eau transportée (pH, température..). Ceci se traduit par un remplacement à terme de toutes les canalisations et branchements en plomb existants (**Ashworth et Colbourne 1986**).

Deuxième partie
Partie expérimentale

I. Matériel et Méthodes

I.1. Méthodologie

Ce travail a été réalisé dans le district de Laghouat pendant 3 mois de février jusqu'à Avril 2016. L'objectif est d'évaluer la qualité de l'eau dans deux cités de la ville de Laghouat en fonction des réglementations Algérienne. Dans l'esprit de mieux cerner les variations, le contrôle se fait à trois niveaux (Source, sortie station, réseau de distribution) ; car la qualité d'une eau dépend de son origine, de son état au captage, de l'efficacité du traitement et de l'état des conduits. De plus une bonne connaissance des facteurs qui peuvent influencer la qualité de l'eau du réseau est indispensable pour les services d'exploitation afin d'anticiper et éviter les problèmes potentiels.

I.1.1. Choix des sites de prélèvement

Pour mettre en évidence l'influence du milieu extérieur sur la qualité hygiénique et la qualité physico-chimique de l'eau domestique véhiculée à travers les conduites de distribution, une enquête sur l'état extérieur des ouvrages hydrauliques et du réseau de distribution est effectuée. Il sera retenu les sites qui sont exposés aux éventuels risques de pollution, tels que les décharges publiques, les débordements des eaux usées, les fuites répétitives ou mal réparées, etc.

Elle est suivie des prélèvements pour analyse, afin de détecter la pollution par certains paramètres indicateurs. L'échantillonnage comprend, un prélèvement au niveau du puits (forage) exploité, un prélèvement au niveau du réservoir alimenté par le forage et un prélèvement au niveau du réseau de distribution.

I.1.1.1. Prélèvements

a. Réseau

- Enlever s'il existe les tuyaux en caoutchouc adaptés au robinet choisi
- Se laver soigneusement les mains et avant-bras avec un produit désinfectant et les rincer abondamment avec de l'eau propre.
- Ouvrir le robinet et laisser couler 3 à 5 mn.
- Ouvrir le flacon en verre stérile toujours à proximité de robinet juste avant de faire le prélèvement.
- Remplir le flacon et fermer immédiatement le flacon après le prélèvement, ne pas ouvrir le flacon avant l'analyse réalisée au laboratoire sinon il faut absolument refaire le prélèvement.

- noter sur le flacon les indications nécessaires à son identification (Identité des préleveurs ; Date et heure de prélèvement ; motif de la demande d'analyse ; point de prélèvement d'eau ; Origine de l'eau).
- Mettre l'échantillon prélevé dans une glacière maintenue à 4°C.

b. Transport et conservation au laboratoire

Afin d'éviter que le taux initial en germes des eaux ne risque de subir des modifications dans le flacon, toutes les analyses sont effectuées le plus rapidement possible. L'évolution est difficile à prévoir et dépend de nombreux facteurs. A cet effet, la circulaire du 21 janvier 1960, relative aux méthodes d'analyses bactériologiques des eaux d'alimentation spécifie que «si la durée du transport dépasse 1 heure, et si la température extérieure est supérieure à 10°C, les prélèvements seront transportés dans des glacières dont la température doit être comprise entre 4 à 6 °C. Même dans de telles conditions, l'analyse bactériologique doit débuter dans un délai maximal de 8 heures, après le recueil des échantillons. Si exceptionnellement l'analyse doit être reportée, il faut entreposer les échantillons à 4 °C (**RODIER et al., 2005**). Après prélèvement, les échantillons sont transportés aseptiquement à la température de 4°C dans des isothermes à l'obscurité pour assurer une conservation satisfaisante (**LARPENT, 1997**).

I.1.2. Techniques d'analyses

La périodicité des analyses sera fonction du débit journalier prélevé au niveau des forages et des installations de productions destinés à l'alimentation en eau potable, mais aussi du volume journalier fourni par le réseau de distribution d'eau; de la population desservie (plus celle-ci sera grande, plus la fréquence d'analyses sera accrue); de la qualité de l'eau (**JORA, 2009**).

I.1.2.1. Analyses physico-chimiques

Dans la ville de Laghouat, l'eau destinée à la consommation est contrôlée. Les paramètres physico-chimiques concernant tout ce qui est relatif à la structure naturelle de l'eau et délimitent des concentrations maximales pour un certain nombre d'éléments souvent des ions comme le chlorure, sulfate, nitrate,...etc. Nous avons donc réalisé des analyses pour déterminer la qualité physico-chimique de l'eau.

a. Dosage du chlore libre

Le dosage du chlore libre, la DPD (N, N-Diéthylphénylène-,4diamine) sert d'indicateur redox, coloré en rose en milieu oxydant et incolore en milieu réducteur à un pH compris entre 6,2 et 6,5. Le chlore réagit instantanément avec la DPD en absence d'ions

iodure dans le milieu réactionnel. La coloration développée est ensuite mesurée par un colorimètre de terrain (**FIGARELLA et LEYRAL, 2002**).

b. Mesure de la Température :

Le Température est mesuré directement à l'aide d'un thermomètre précis multiéléments (**RODIER et al., 2005**).

c. Détermination du pH

Le pH est mesuré directement à l'aide d'une électrode de pH combinée. Il consiste à tremper l'électrode dans le bûcher de l'échantillon, laisser stabiliser un moment, puis noter le la mesure du pH (**RODIER et al., 2005**).

d. Mesure de la conductivité, salinité, taux des sels dissous (TDS)

Pour la détermination de la conductivité, il est utilisé un conductivimètre multiéléments. Elle est déterminée après plusieurs rinçages de l'électrode, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner ; faire la mesure en prenant soin que l'électrode soit complètement immergée. Le résultat de conductivité est donné directement en $\mu\text{S}/\text{cm}$. Le résultat de la salinité et du taux de sels dissous (TDS) sont donnés respectivement en ‰ et en mg/l (**RODIER et al., 2005**).

e. Minéralisation globale

La minéralisation globale correspond à la concentration en sels minéraux dissous (**DEGREMONT, 1990**). Il y a une relation entre la teneur en sels dissous d'une eau et sa conductivité. La minéralisation se détermine à partir de la conductivité (**RODIER, 2009**).

Tableau 8: Détermination de la minéralisation à partir de la conductivité (**RODIER, 2009**).

| Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$) | Minéralisation |
|--|--------------------------------|
| Conductivité < 50 | 1,365079 * Conductivité à 20°C |
| 50 < Conductivité < 166 | 0,947658 * Conductivité à 20°C |
| 166 < Conductivité < 333 | 0,769574 * Conductivité à 20°C |
| 333 < Conductivité < 833 | 0,715920 * Conductivité à 20°C |
| 833 < Conductivité < 10000 | 0,758544 * Conductivité à 20°C |

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

f1. Principe

La dureté totale détermine la concentration en calcium et du magnésium dissous. Les alcalino-terreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe de type Chélate par le sel di-sodique de l'Acide Éthylène Diamintetracétique (EDTA).

f2. Mode opératoire

Dans un bêcher, on prélève 10 ml d'eau à analyser, on chauffe au plaque chauffante à une température inférieure à 50°C puis on ajoute 1 ml de la solution tampon (pH= 10) et 2gouttes d'indicateur coloré (N.E.T), ensuite on titre avec l'EDTA jusqu'au virage du rose foncé ou bleu foncé.

f3. Expression des résultats

- $TH = (N_{EDTA} \times V_{EDTA}) \times 1000 / V_0$ en meq g.
- TH : C'est le titre hydrométrique en meqg (1 meqg = 5 °F)
- N_{EDTA} : Normalité d'EDTA ;
- V_{EDTA} : Volume d'EDTA ;
- V_0 : Volume de l'échantillon.

g. Détermination du calcium (Ca^{2+}) et du magnésium (Mg^{2+})

g1. Principe

Pour déterminer la dureté calcique on utilise l'EDTA comme complexant, auparavant on précipite le magnésium sous forme de $Mg(OH)_2$ vers un pH = 12, par addition de la soude, indicateur utilisé est sensible aux seuls ions de calcium, c'est le murexide qui répond à cette condition.

g2. Technique

On met 10ml de l'eau à analyser dans un bêcher puis on ajoute 3 gouttes de solution d'hydroxyde de sodium ($NaOH$, pH = 12) et une pincée de l'indicateur de Ca^{+2} (calcon + $NaCl$), ensuite on titre avec l'EDTA jusqu'au virage du rose au bleu

$$Ca^{+2} = \frac{\text{volume EDTA} \cdot \text{Normalité EDTA}}{\text{Volume de l'eau à analyser}} \times 1000$$

La détermination de Mg^{+2} se fait par calcul comme le suivant :

$$Mg^{+2} = TH - Ca^{+2}$$

h. Détermination des chlorures (Cl⁻)

h1. Principe

Les ions chlorure réagissent avec les ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble précipitant quantitativement. Durant le titrage, le pH est maintenu entre 5 et 9.5, afin de permettre la précipitation (LADJEL, 2009).

h2. Mode opératoire

Dans un bêcher, on prélève 10 ml d'eau à analyser, on ajoute 5 gouttes de l'indicateur de Chromate de potassium (K_2CrO_4), ensuite on titre avec Nitrates d'argent ($AgNO_3$) jusqu'au virage du jaune au rouge brique.

$$Cl^- = \frac{\text{volume } AgNO_3 \cdot \text{Normalité } AgNO_3}{\text{Volume de l'eau à analyser}} \times 1000$$

i. Détermination de l'alcalinité (HCO_3^-)

L'ion Bicarbonate est le principal constituant alcalin de la plupart des eaux courantes. Sa présence dans l'eau est due à l'action des bactéries qui fournissent du CO_2 à partir des minéraux contenant des carbonates. La première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (TA), la seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC) (RODIER *et al.*, 2005).

Mode opératoire

Dans un bêcher, on prélève 10 ml d'eau à analyser, on ajoute 2 gouttes de l'indicateur de méthyle d'orange, ensuite on titre avec acide sulfurique jusqu'au virage du orange foncé au rouge brique.

$$F.G = VA \times N_A \times M_{HCO_3^-} \times \frac{10000}{PE} = V \frac{A \times 0,1 \times 61 \times 1000}{100}$$

- F.S : $VA \times 61 = HCO_3^-$
- VA : Volume d'acide versé
- NA : normalité d'acide versé
- $M_{HCO_3^-}$: Masse des bicarbonates (HCO_3^-)
- PE : Prise d'essai

j. Dosage des nitrates par spectrophotomètre UV visible

j1. Principe

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosoulate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique. Le résultat est donné directement en mg/l à une longueur d'onde de 415 nm (ISO7890/3, 1994).

J2. Mode opératoire

- Blanc : dans un tube de réactif « A » Nitra ver X et pipeter 1 ml d'eau à analyser.
- Échantillon : blanc + pochette de réactif « B » Nitra ver X.

k. Dosage des ions sulfates par spectrophotomètre UV visible

k1. Principe

Les ions sulfates de l'échantillon réagissent avec le Baryum du Sulfa Ver 4 pour former un précipité de sulfate de baryum. L'intensité de la turbidité est proportionnelle à la concentration en sulfate. Le Sulfa Ver 4 renferme également un agent stabilisant pour maintenir le précipité en suspension. La lecture est obtenue à 420 nm.

k2. Mode opératoire

- Blanc : 10 ml d'eau à analyser
- Échantillon : 10ml d'eau à analyser et on ajout 0,5 ml de la solution stabilisante plus 0,5 ml de Chlorure de baryum. L'expression des résultats est donnée par la valeur lue x.

I.1.2.2. Analyses bactériologiques

L'analyse bactériologique a pour but la recherche et le dénombrement des germes existant dans les échantillons d'eau à analyser. Il faut signaler qu'un examen bactériologique ne peut être interpréter que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé dans un récipient stérile, selon un mode opératoire précis évitant toutes les contaminations accidentelles, correctement transporté au laboratoire et analysé sans délai ou après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes (Rodier, 2005).

En raison de la diversité des espèces bactériennes, virales et parasitaire, des germes test vont être analysés qui représenteront par la suite l'aspect microbiologique de ces eaux. Une analyse complète de l'eau brute a été effectuée en se basant sur la recherche et le dénombrement des paramètres suivants :

- Germes totaux ;
- Coliformes totaux et fécaux ;
- Streptocoques fécaux ;
- Clostridium sulfito-réducteurs.

a. Dénombrement des germes totaux

La recherche et le dénombrement des germes revivifiables se réalisent à deux températures différentes afin de cibler les micro-organismes psychrophiles (22°C) et les microorganismes mésophiles (37°C). Le milieu de culture est de la gélose glucosée tryptonée à l'extrait de levure (TGEA) fondue puis refroidie à 45±2°C (Rodier 2005).

a1. Mode opératoire

A partir de l'eau à analyser (SM) on porte aseptiquement 1ml en double dans deux boîtes de pétri vides, numérotées et préparées à cet usage. Compléter ensuite avec environ 19ml de gélose T.G.E.A fondue puis refroidie à 45±2°C. Le temps qui s'écoule entre le moment où l'on distribue l'inoculum dans la boîte et celui où le milieu est coulé ne doit pas excéder 15 minutes.

On fait ensuite les mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de « 8 », sur une surface fraîche et horizontale et on laisse solidifier les boîtes sur paille. Les boîtes seront partagées en deux séries distinctes :

- La première série sera incubée à 22±2°C pendant 24h ± 4 h
- La deuxième série sera incubée à 37±2°C pendant 24h ± 4 h

Le calcul de la valeur du nombre (N), de microorganismes revivifiables à 22±2°C, et celle du nombre (N) de microorganismes revivifiables à 36±2°C à part, en tant que moyenne pondérée, sera fait suivant l'équation:

$$N = \frac{\sum c}{1,1 \times d}$$

- $\sum c$: Somme des colonies dénombrées sur deux boîtes
- d : Taux de dilution correspondant à la première dilution

Le résultat final de microorganismes revivifiables dénombrés à 22°C et à 37°C par ml d'eau est exprimé par un nombre compris entre 1,0 et 9,9 multiplié par 10^x où x est la puissance appropriée de 10 (LEBRES et MOUFFOK, 2008). Si les boîtesensemencées, contiennent plus de 300 colonies, les résultats sont exprimés 3.102 (figure 4) (ISO 6222, 1990).

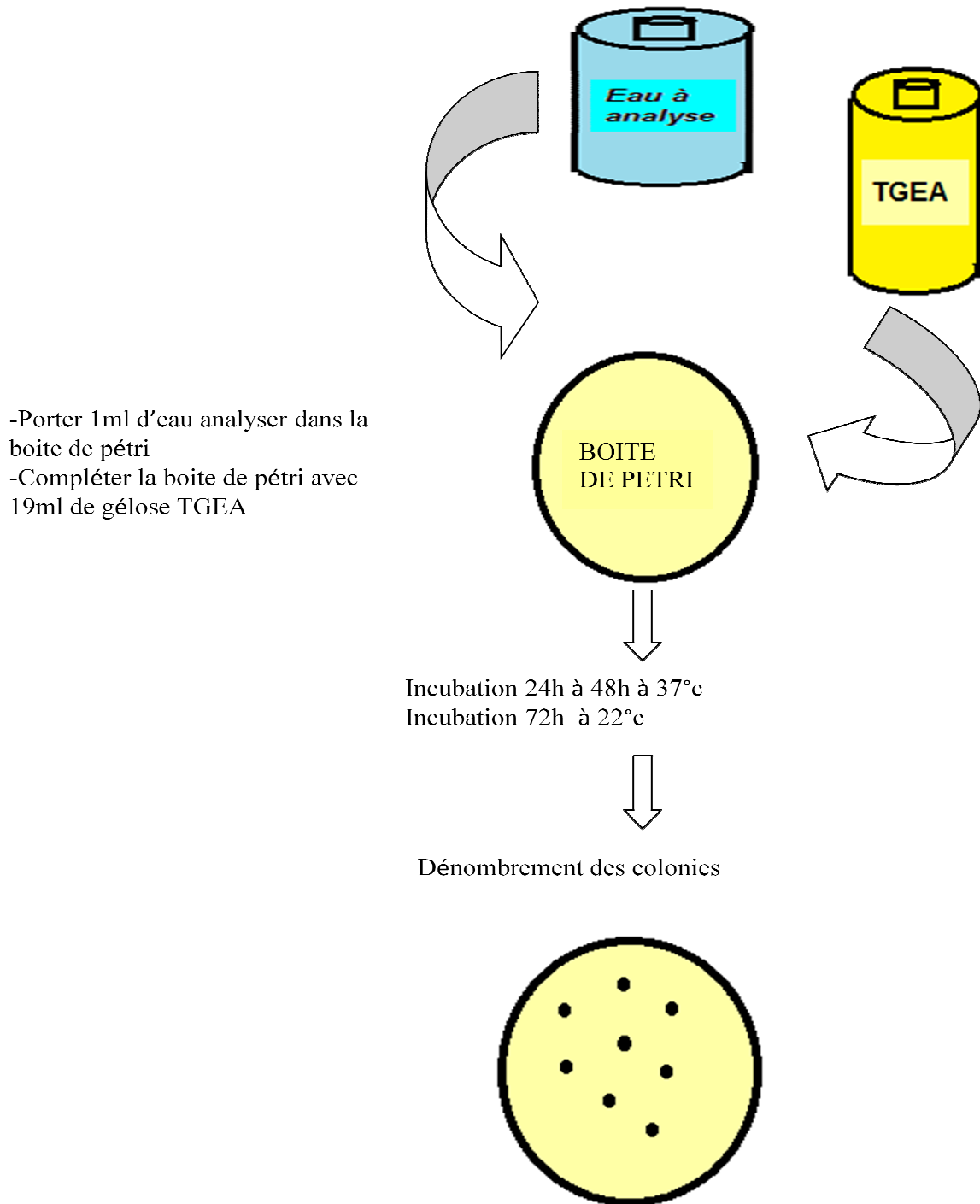


Figure 4: Recherche et dénombrement des germes totaux dans l'eau

b. Le dénombrement des coliformes totaux

Les coliformes se présentent sous forme des *bacilles à Gram négatifs (BGN)*, non *sporogones*, *oxydase négative*, *aero-anaérobies* facultatifs, capables de croître en présence de sels *biliaires* et capables de *fermenter* le *lactose* avec production d'acides et de gaz, en 24 à 48heures à 37°C. La technique utilisée pour a recherche et le dénombrement dans le

laboratoire est la NPP (*Nombre le Plus Probable*), dans un milieu liquide sur BCPL « Le bouillon lactose au pourpre de bromocrésol »

La Technique en milieu liquide sur BCPL, fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

- Le test de présomption ; réservé à la recherche des *coliformes totaux*
- Le test de confirmation ; encore appelé test de *MAC KENZIE* et réservé à la recherche des *coliformes fécaux* à partir des tubes positifs du test de présomption.

b1. Test de présomption

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- 2 fois 10ml dans un flacon contenant 10 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham.
- 2 fois 1 ml dans 2 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL s/C muni d'une cloche de Durham.
- 2 fois 0,1 ml dans 2 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.

Le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham doit être chassé et bien mélangé le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 h. Seront considérés comme positifs les tubes présentant à la fois :

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

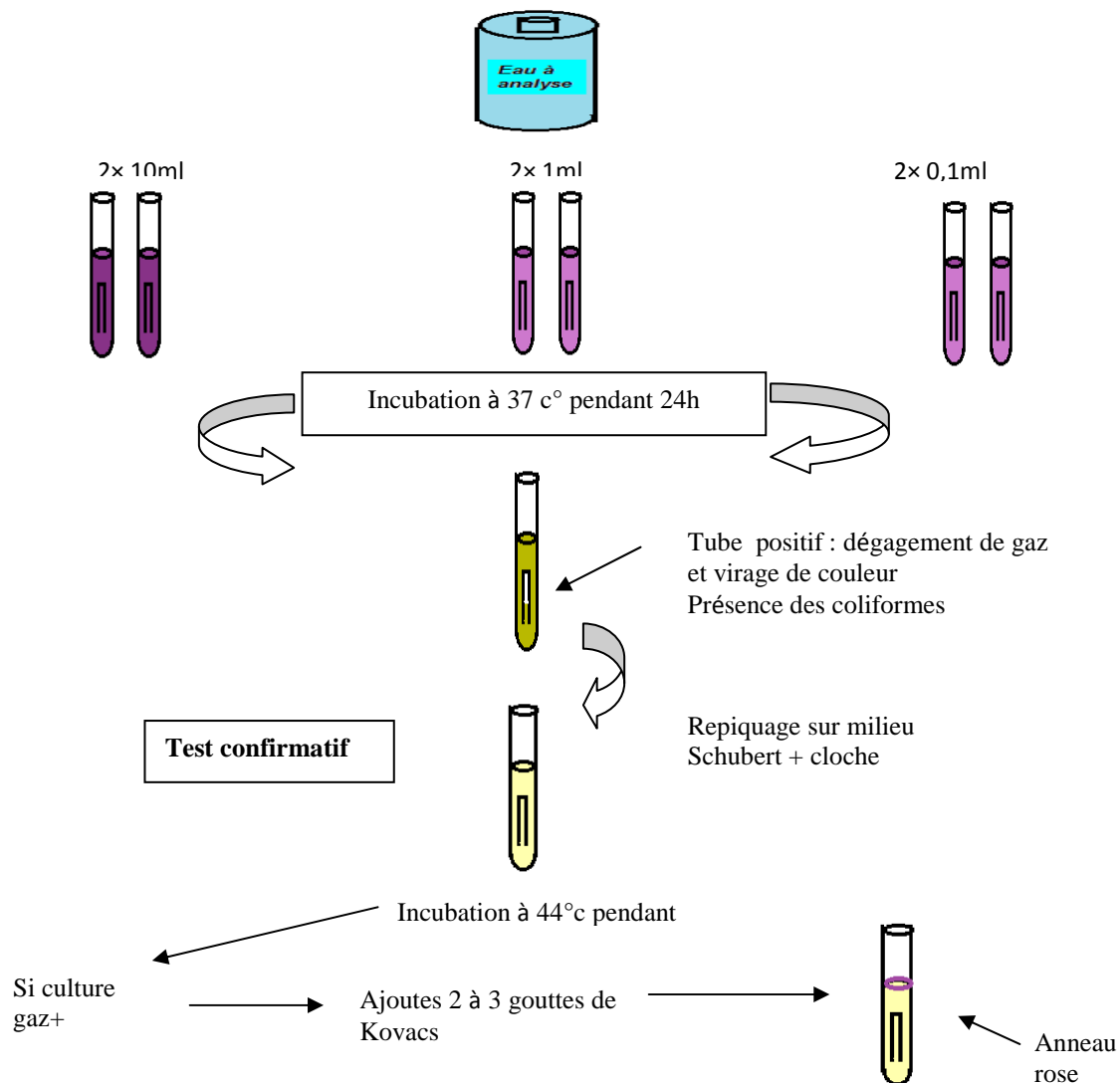
Ces deux caractères étant témoins de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites. La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table de Mac Grady NPP (nombre plus Probable)/100 ml d'échantillon. Pour déterminer la NPP, on vérifie la combinaison formée par le nombre de tubes positifs qui présentent les dilutions 1:1, 1:10 et 1:100 dans le test de confirmation. (RODIER 2009)

b2. Test de confirmation

Le test de confirmation ou test de Marc Kenzie est basé sur la recherche de coliformes fécaux parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*Escherichia Coli*. Après agitation des tubes de BCPL positifs, prélever de chacun un millilitre à l'aide d'une pipette Pasteur pour faire le repiquage dans un tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche. Chassez le

gaz présent éventuellement dans les cloche et bien mélanger le milieu. L'incubation se fait à 44 °C pendant 24 h. Seront considérés comme positif ; les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement du gaz (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche).
- Un anneau rouge ou rose en surface, témoin de la production d'Indole par *Escherichia Coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs.
- La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table de Mac Grady NPP.
- en tenant compte du fait qu'*Escherichia Coli* est à la fois producteur de gaz et d'indole à 44 °C (figure 5) (RODIER 2009).



Dénombrement d'*Escherichia Coli*

Figure 5 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux dans l'eau.

c. Recherche et dénombrement des Anaérobies sulfito-réducteurs

Les anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) se présentent sous forme de bactéries à Gram+. Elles se développent entre 24 à 48 heures sur une gélose Viande Foie en donnant des colonies typiques réduisant le sulfite de sodium (Na_2SO_3) qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de Fe^{2+} donne FeS (sulfure de fer) de couleur noire. Les spores des ASR constituent généralement des indices de contamination ancienne (**LEBRES et MOUFFOK, 2008**).

c1. Mode opératoire

Il faut chauffer préalablement la suspension mère 10 minute à 80°C . Cette étape de chauffage permet de préparer les spores à la germination. On appelle cette étape l'activation. La germination consiste en un gonflement de la spore, pertes des différentes résistances, augmentation de l'activité métabolique. De nombreux composés favorisent la germination après l'activation, notamment les acides-aminés et les sucres. La germination est suivie de la croissance bactérienne.

On répartit le milieu Viande et foie (VF) dans des tubes à raison de 20 ml de milieu par tube (à l'état liquide) autoclave à 15mn à 121°C . Puis on refroidie à $45-50^\circ\text{C}$ et ajouter à chaque tube les solutions tièdes suivantes :

- 0,5 ml d'une solution aqueuse de Sulfate de Na à 5 % stérilisé ;
- 2 gouttes d'une solution aqueuse d'alun de fer (citrate de fer ammoniacale)
- 5 ml d'inoculum.

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 h

L'apparition des taches noires qui représentent les colonies de Clostridium ; ces taches noires sont des sulfures de fer qui résultent de la réduction des sulfites. L'apparition des tubes complètement colorés en noire est due probablement à la durée de conservation prolongée (température élevée).Après une incubation de 24 heures à 37°C on n'observe pas de colonies noir caractéristiques. L'eau à analyser ne contient donc pas spores de Clostridium sulfito-réducteur (**figure6**).

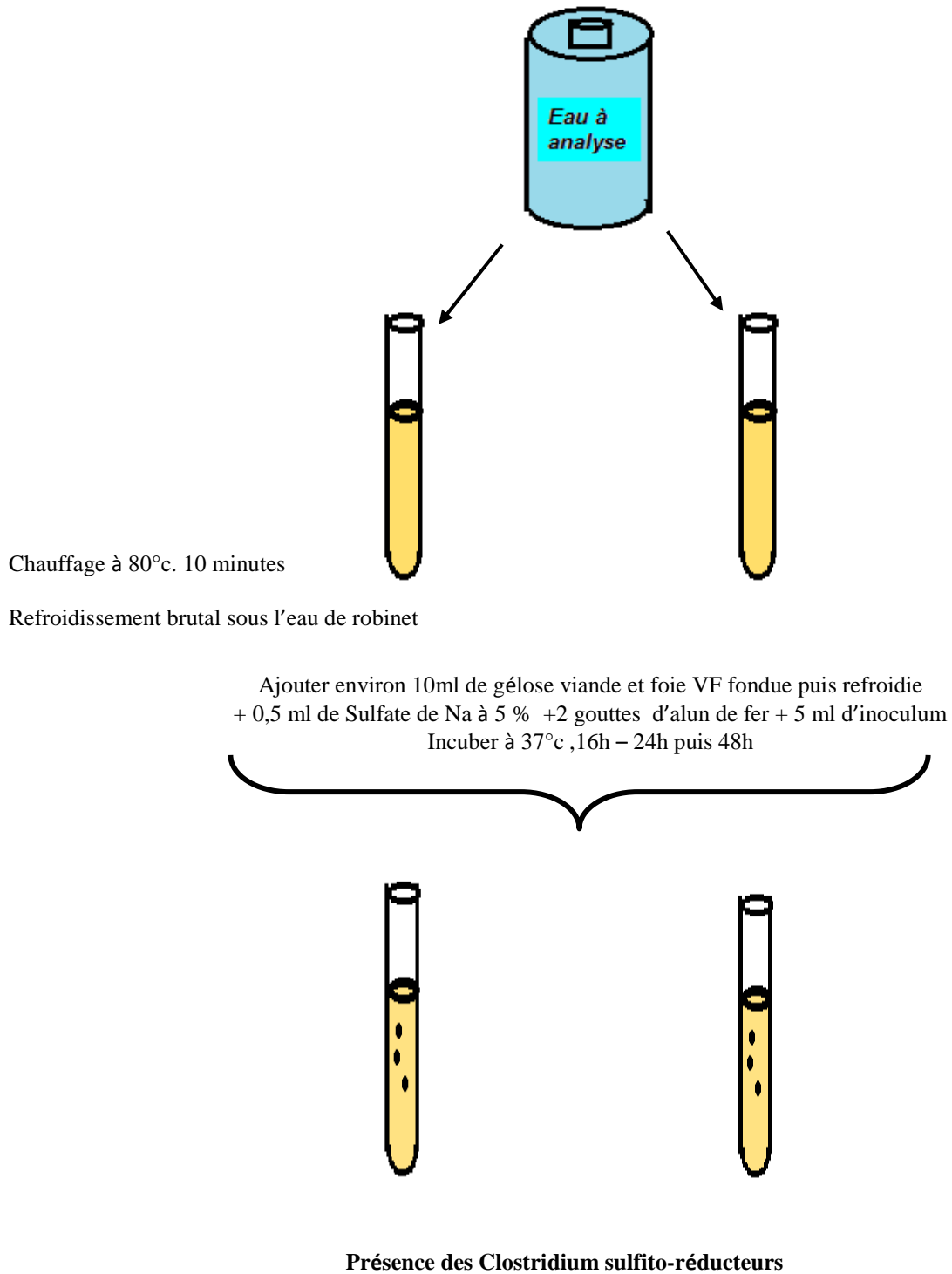


Figure 6 : Recherche et dénombrement des Clostridium sulfito-réducteurs

d. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

Les Streptocoques fécaux (*Enterococcus* ou *Streptocoques D*) sont des commensaux de l'intestin. Le nombre de Streptocoques étant en général peu élevé, on utilise dans un premier

temps un milieu d'enrichissement relativement sélectif, le milieu de Rothe. Un trouble microbien permet de conclure que dans les tubes correspondants a cultivé au moins un Streptocoque fécal présumé provenant e l'inoculum. On doit donc vérifier dans un deuxième temps si les bactéries qui ont cultivés sont bien des streptocoques. On utilise l'action de deux agents sélectifs en repiquant une anse des milieux positifs dans le milieu de Litsky

d1. Test de présomption :

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- 2 fois 10 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu Rothe D/C(double concentration) ;
- 2 fois 1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu Rothe S/C (simple concentration),
- 2 fois 0.1ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu Rothe S/C (**figure7**) :

On mélange bien le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures. Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

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

d2. Test de confirmation

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des *Streptocoque fécaux* éventuellement présents dans le test de présomption. Après l'agitation des tubes de Rothe positifs, prélevée de chacun un millilitre à l'aide d'une pipette Pasteur dont faire l'objet d'un repiquage dans un tube contenant le milieu Litsky Eva (**figure7**). Bien mélanger le milieu et l'inoculum et l'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures. Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- Un trouble microbien.
- Une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes.

La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP, le nombre de streptocoque fécaux sont par 100 ml de l'eau analysé.

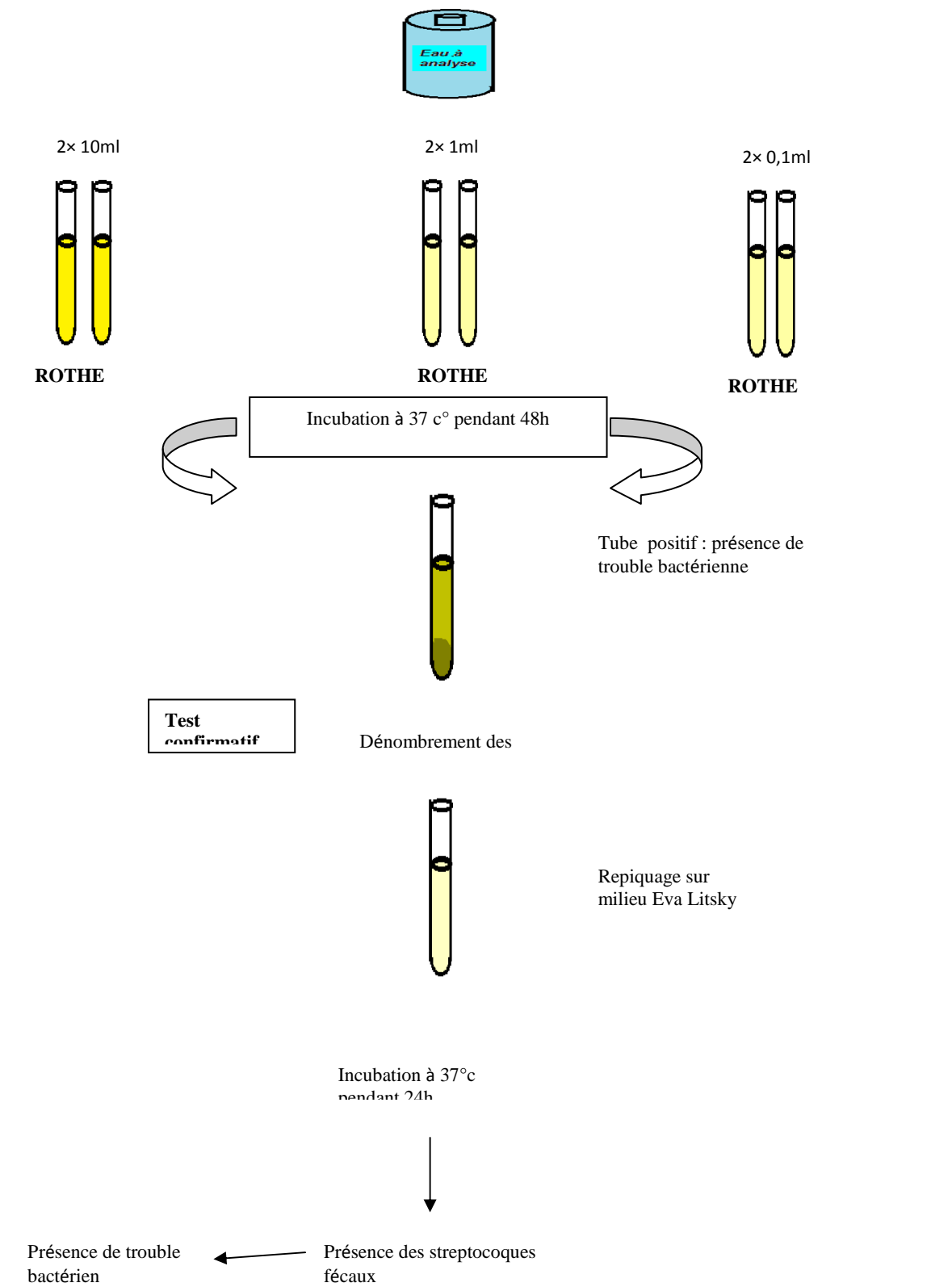


Figure 7 : Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux dans l'eau

II. Résultats et discussion

II.1. Analyse physicochimique

Le résultat de ces expérimentations ont permis l'obtention de différents résultats

II.1.1. Chlore résiduel libre

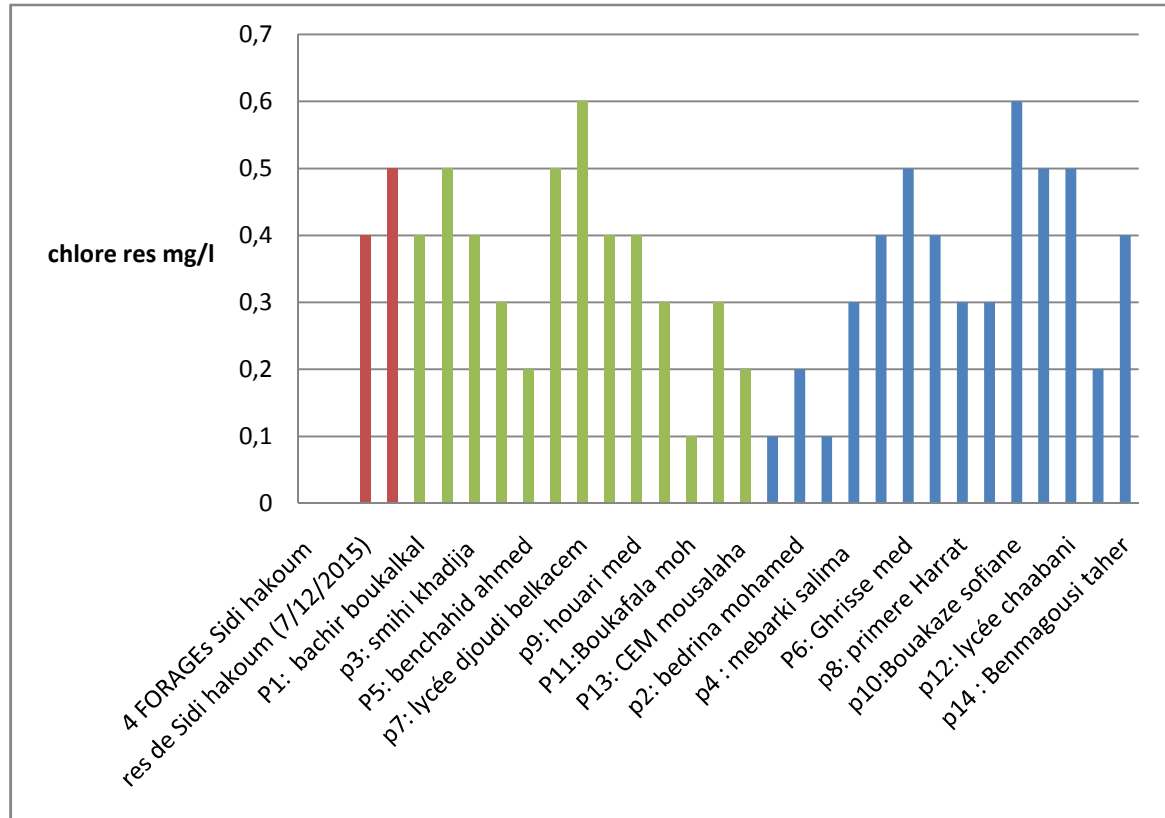


Figure 8 : chlore résiduel des échantillons d'eau étudiés pour les forages, réservoirs, quartier Shetit et Wiam

Les résultats de la **figure 8**, montrent une dominance de chlore résiduel libre dans le quartier Wiam. Au niveau de ces réservoirs s'effectue le traitement à l'hypochlorite de sodium (NaOCl) à raison de 0.5 mg de chlore libre/l au niveau de réservoir de Wiam , et 0,4 mg de chlore libre /l pour réservoir de Sidi Hadj Aissa. De telles concentrations chutent dans les réseaux de distribution, pour se stabiliser à une moyenne 0.35 mg de chlore libre /l pour le quartier Wiam , et 0.34 mg de chlore libre /l pour le quartier Shetit , 0.1 mg de chlore libre /l pour les deux abonnées au niveau de Shetit (Akkara oumlhkir , benkarhasse moh).

La diminution semble émaner de la consommation du chlore dans le traitement des micro-organismes et des matières organiques. Une concentration stable en chlore libre dans le réseau, signifie soit qu'il n'y a pas consommation de chlore libre ou bien que le chlore a réagit

avec les matières organiques ou autres éléments, **SEBY (2006)** rapporte que le chlore diminue rapidement avec le temps de séjour et se retrouve en faible concentration voir nul en début. Dans son étude sur la chloration, des réseaux d'alimentation d'eau potable, il note que la faible consommation du chlore s'avère logique compte tenu de la teneur faible en carbone organique total de l'eau brute.

Le chlore résiduel libre dans les réservoirs et chez les abonnées, est conforme aux normes algériennes; qui exigent un taux de chlore résiduel dans le réseau de distribution se situant entre 0.2 mg/l et 0.6 mg/l (**JORA, 2000**).

L'ajout de chlore à l'eau pour traitement n'inhibe pas la formation d'un biofilm sur des matériaux (**SIBILLE, 1998**) qui se définit comme une communauté structurée de cellules microbiennes, enrobées dans une matrice polymérique autoproduite, et adhérentes les unes aux autres ou à une surface inerte ou vivante (**COSTERTON et al., 1999**). Néanmoins, le chlore peut dans certains cas, ralentir la formation du biofilm à la surface des matériaux à des concentrations résiduelles en chlore supérieures à 0.3 mg/l (**SIBILLE, 1998**). Ainsi pour (**MATHIEU et al. 1992**), il faudrait appliquer une concentration de 0.5 mg/l de chlore, en continu et en tout point d'un réseau de distribution, pour inhiber totalement le développement des micro-organismes cultivables dans l'eau potable et dans le biofilm (**SIBILLE, 1998**).

Pour **SEBY (2006)**, le résiduel de chlore n'est pas toxique pour l'homme, mais il peut générer un goût et une odeur à des concentrations plus ou moins élevées. Par contre (**DESJARDINS 1990 ; GODART 2000 ; RIBONI et ROBERT, 2000 ; JUERY, 2004 ; RODIER et al. 2005**), rapportent que l'utilisation de l'eau de javel pour la désinfection de l'eau destinée à la consommation humaine peut conduire à la production de sous-produits de désinfection responsables de mauvais goûts et d'odeurs, voire dangereux pour la santé ; par ses caractères cancérigènes pour l'homme ; comme les trihalométhanes, les chlorophénols, les organochlorés. De plus, l'eau de javel est basique et peut provoquer la précipitation du calcium en cas d'eau dure ce qui entraîne le colmatage des équipements (**JUERY, 2004**).

Les trihalométhanes sont des sous-produits de chloration, liés à la présence de matières organiques dans l'eau brute (**JUERY, 2004**). Toutefois, ils ne sont pas répandus dans les eaux domestiques de la ville, car elles sont pauvres en matières organiques.

II.1.2. Dureté totale (titre hydrotimétrique)

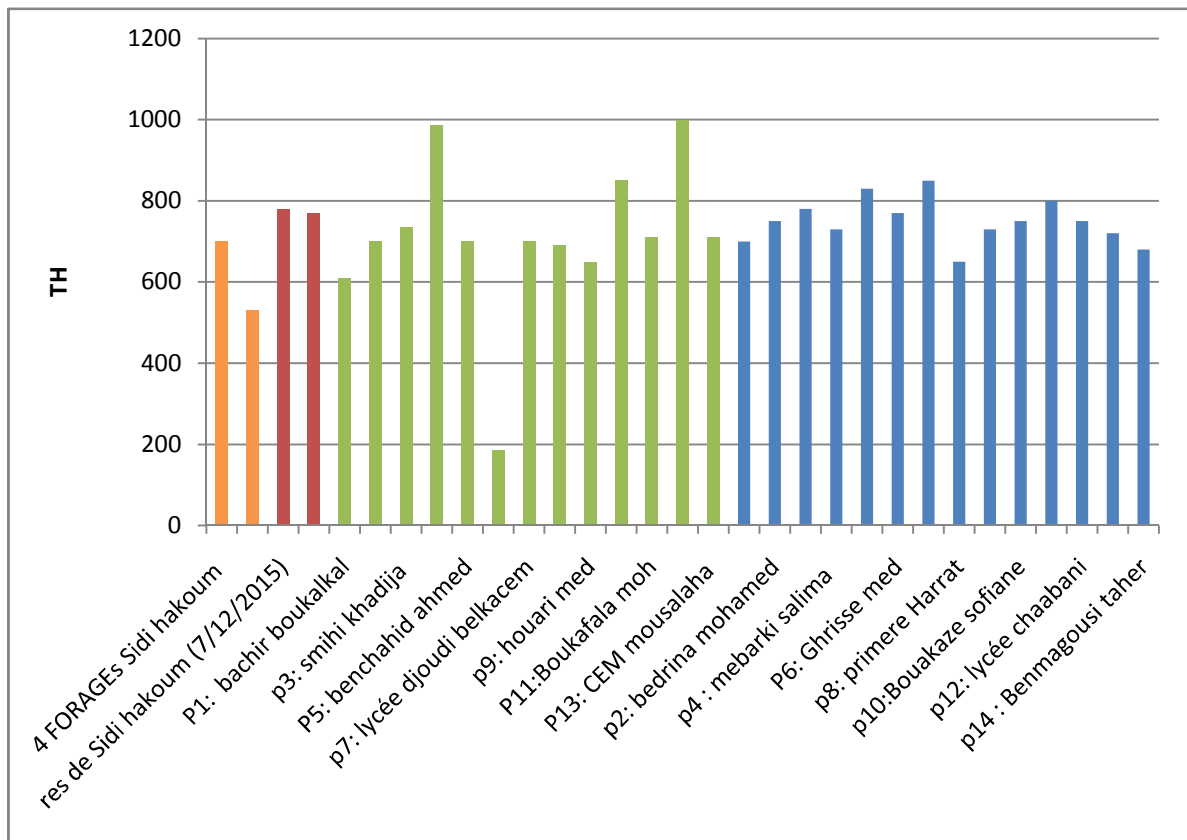


Figure 9: dureté totale des échantillons d'eau étudiés pour les forages, réservoirs, quartier Shetit et Wiam

Les valeurs obtenues de la dureté totale, vont de 530 au niveau du forage de Tenait R'mel par apport à la valeur de 700 au forage de Sidi Hakoum. La variation de la dureté entre la source d'alimentation et les réservoirs (Wiam, sidi Hadja Aissa), est le fait du mélange de différentes eaux de forages (Teniat R'mel 23 et 25) et pour sidi hakoum (F1,2,3 et 4) (**figure9**). L'évolution de la dureté semble être liée à une augmentation en Ca^{+2} et/ou Mg^{+2} . La dureté totale a un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés et correspond à la teneur en calcium et en magnésium (**HAKMI, 2006**). Les eaux provenant de terrains calcaires ou surtout de terrain gypseux, peuvent avoir des duretés très élevées (**RODIER et al., 2005; FIGARELLA et LEYRAL, 2002**).

Les normes OMS fixent la dureté totale exprimée en degré hydrométrique à 500 mg de CaCO_3/l (**RODIER et al., 2005**). Selon cette référence, les eaux de la présente sont dures.

La dureté d'une eau, constitue un risque notable dans l'entartrage des canalisations. Pour une eau d'adduction, une dureté élevée contribue également à accroître la consommation de savon (**RODIER et al., 2005**). Il a été démontré que les réservoirs, les réseaux et les points

de puisage des conduites d'eau chaude sanitaire pouvaient, s'ils étaient entartrés, être favorables à l'accueil et à la prolifération des bactéries (MEGDOUD, 2003). Toutefois, certaines études, rapportent qu'il semble exister un pourcentage plus élevé de mortalité par affections cardio-vasculaires, dans les régions où sont distribuées des eaux douces. Les eaux dures peuvent limiter le transfert intestinal des ions métalliques toxiques comme le cadmium, le cuivre, le plomb, etc., contrairement aux eaux douces (RODIER *et al.*, 2005).

II.1.3. pH

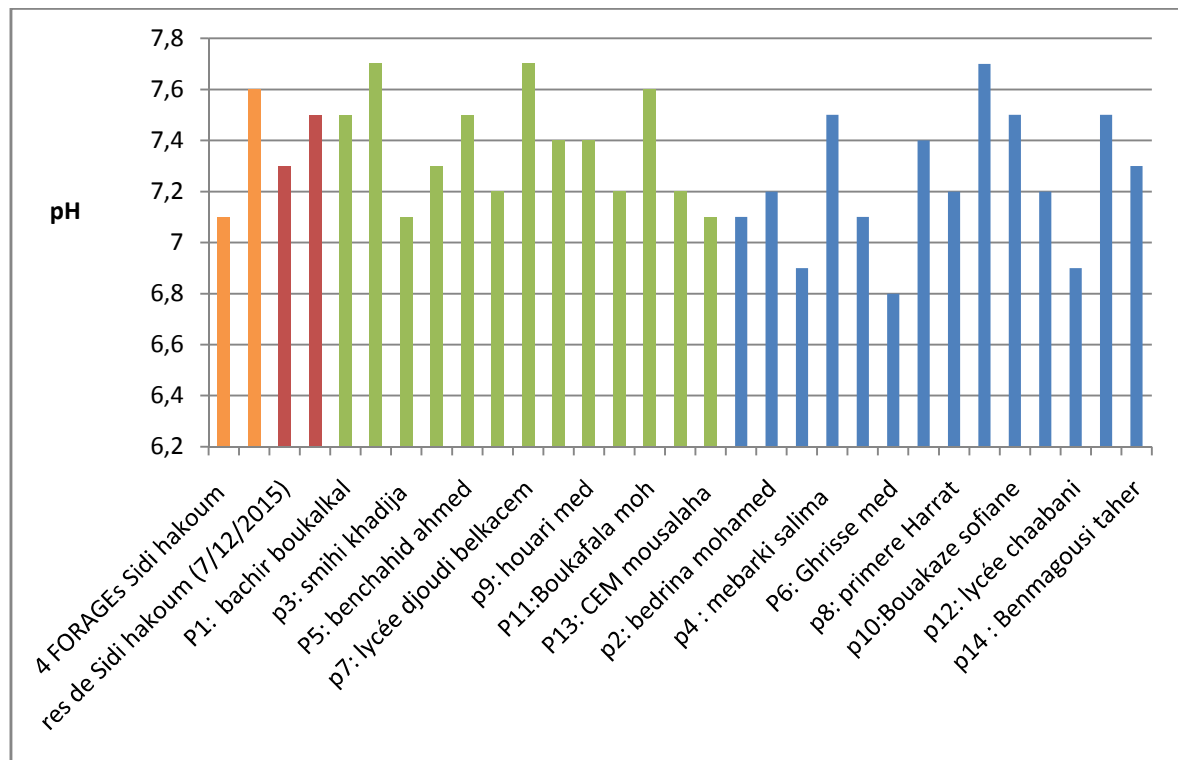


Figure10 : Potentiel Hydrique des échantillons d'eau étudiés pour les forages, réservoirs, quartier Shetit et Wiam

Les législations algériennes et européennes précisent une gamme de pH comprise entre 6,5 et 8,5 (JORA, 2000 ; RODIER *et al.*, 2005). Nos résultats, sont en accord avec ces valeurs dont ils laissent apparaître une variation de pH entre 7.1 et 7,6 dans les forages de Sidi Hakoum et celui de Teniat R'mel, respectivement, de même, des valeurs de pH 7,3 et 7,5 au niveau des réservoirs de sidi Hadjaissa et Wiam respectivement. D'autre part, une moyenne de pH allant de 7.21 et 7,38 a été estimée pour les échantillons d'eaux prélevées à partir du quartier de Shetit et du quartier de Wiam (figure 10).

Les eaux de la présente étude, présente des pH neutres. Selon LADJEL (2009), la plupart des eaux potable présentent un caractère alcalin bicarbonaté car le pH est souvent

inférieur à 8,3 ce qui est semblable aux eaux souterraines de la région orientale du Sahara septentrional algérien, dont elles ont un pH voisin de la neutralité à caractère alcalin via la formation de dépôts de CaCO_3 (entartrage) dans le réseau de distribution d'eau potable (TABOUCHE et ACHOUR., 2004 ; HARKABUS, 2006 ; NEZLI et al., 2009). De même, pour LADJEL (2009), c'est une indication que ces eaux ne contiennent pas assez de CO_2 , et sont saturées en CaCO_3 , donc incrustantes, autrement dit, les eaux naturelles ont un pH qui est en fonction des concentrations en gaz carbonique dissous et en hydrogénocarbonates (BOEGLIN, 2000)

II.1.4. Taux des sels dissous (TDS) et salinité

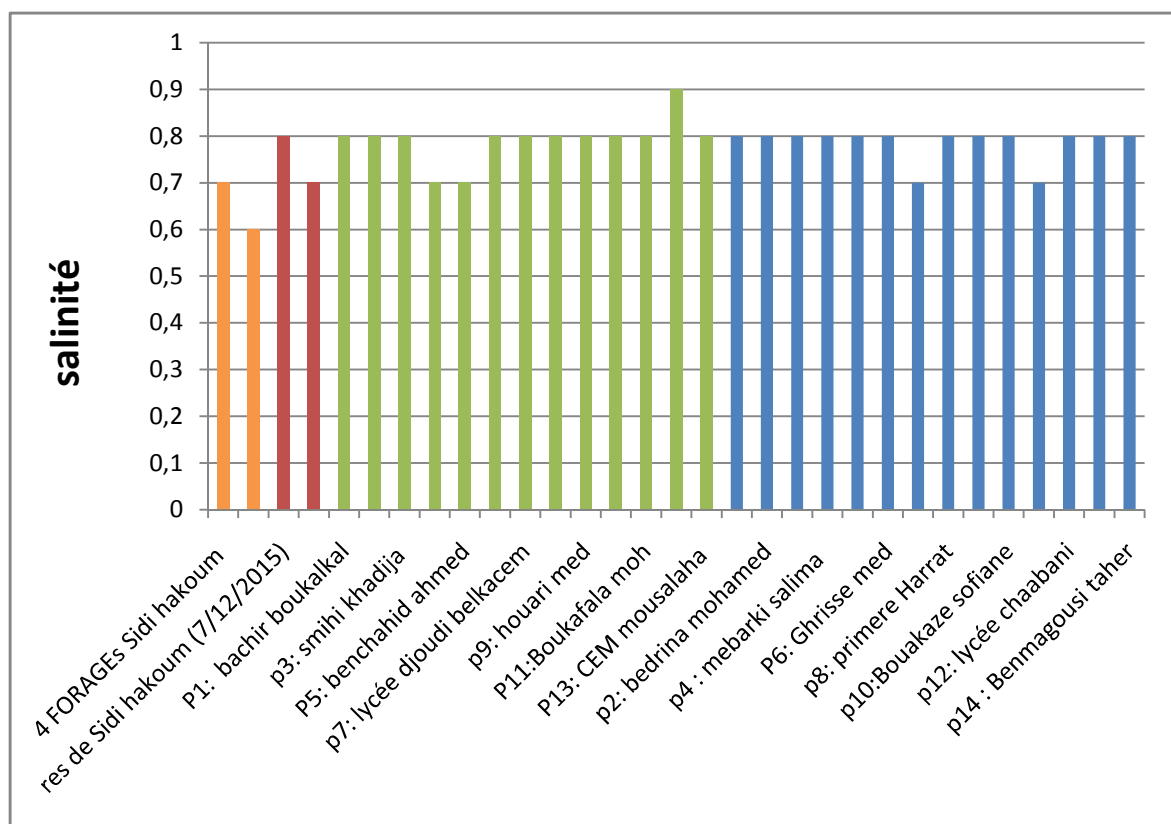


Figure 11 : salinité des échantillons d'eau étudiés pour les forages, réservoirs, quartier Shetit et Wiam

La salinité correspond à la quantité de sels dissous qui sont le chlorure de sodium (NaCl), chlorure de magnésium (MgCl_2), etc. L'augmentation de la salinité reflète une augmentation en ions sodium (Na^+), magnésium (Mg^{2+}), chlorure (Cl^-), après dissociation des sels. Cette salinité se mesure directement à partir de la conductivité électrique des échantillons d'eau prélevés (FIGARELLA et LEYRAL, 2002 ; RODIER et al., 2005).

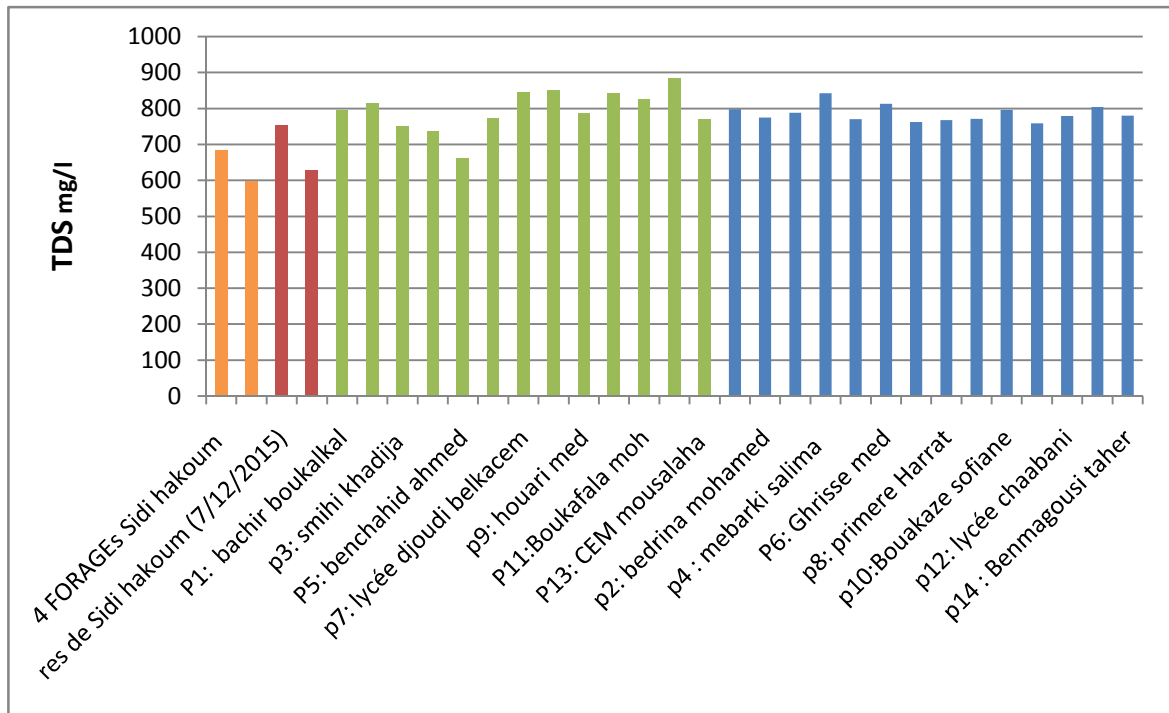


Figure 12: taux de sels dissous des échantillons d'eau étudiés pour les forages, réservoirs, quartier Shetit et Wiam

Les taux de sels dissous (597 mg/l et 882 mg/l) (**figure 11**), indiquent une minéralisation moyenne au vu des conductivités obtenues (entre 1215 mg/l et 1764 mg/l) sont supérieures à 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Mais elles correspondent à des valeurs de sels dissous respectant les normes **OMS (1965)** soit 1500 mg/l ou les dépassent souvent jusqu'à 2000 mg/l. La minéralisation est fonction de la géologie des terrains traversés. Elle est plus élevée dans les eaux souterraines (**RODIER et al., 2005**). La zone de la présente étude est alimentée, par des eaux souterraines, ainsi elles sont minéralisées avec des taux de sels dissous atteignant jusqu'à 882 mg/l de sels dissous.

II.1.5. Conductivité

Les différentes conductivités électriques mesurées à 25°C des eaux d'adduction des échantillons étudiés, vont de 1382 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour l'eau du forage de Sidi Hakoum et 1215 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour l'eau du forage de Teniat R'mel, à 1526 $\mu\text{S}/\text{cm}$ au niveau de réservoir Sidi hadj Aissa et à 1426 $\mu\text{S}/\text{cm}$ le réservoir de Wiam. La conductivité augmente dans les réservoirs d'eau, car il reçoit un mélange d'eaux provenant des forages de Sidi Hakoum 1, 2, 3, 4 pour réservoirs de Sidi Hadj Aissa. Et pour le Wiam il reçoit l'eau par les forages de Teniat R'mel 23 et 25. Elle varie dans le réseau de distribution dans les zones de prélèvement dont la zone Wiam. Elle est de 1484 $\mu\text{S}/\text{cm}$ au siège de la polyclinique et au lycée Djoudi belkacem 1590

$\mu\text{S}/\text{cm}$. Les valeurs de conductivité enregistrées sont supérieures à $1330\mu\text{S}/\text{cm}$ et ne dépassent pas $1760\mu\text{S}/\text{cm}$ dans tous les points du réseau de distribution échantillonnés. Pour le quartier Shetit les valeurs de conductivité enregistrées sont supérieures à $1500\mu\text{S}/\text{cm}$ et ne dépassent pas $1688\mu\text{S}/\text{cm}$ dans tous les points étudiés (**figure 13**). Ce qui est conforme avec les valeurs de législations algériennes, dont les valeurs de conductivité sont fixées au-dessous d'une valeur limite de $2800\mu\text{S}/\text{cm}$ pour les eaux chargées en sels minéraux (**JORA, 2000**).

RODIER et al. (2005), signalent que la variation de la conductivité est induite par la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Cette mobilité dépend de la nature des ions dissous et de leur concentration, tels que les ions de calcium (Ca^{2+}), de sodium (Na^+), de chlorure (Cl^-), des bicarbonates (HCO_3^-), etc. La conductivité électrique augmente avec la concentration des ions en solution et la température (**DIB, 2009**). L'augmentation semble émaner de l'augmentation de température qui entraîne l'accélération de la mobilité des ions dans l'eau. La diminution peut provenir d'une viscosité du milieu. La mesure de la conductivité permet une évaluation rapide et approximative de la minéralisation globale ou la salinité de l'eau (**BOEGLIN, 2000 ; DIB, 2009**).

Toutes les valeurs de la conductivité obtenues au cours de la présente étude indiquent une minéralisation moyenne, des eaux d'adduction. Ces minéralisations relativement fortes témoignent d'un temps de contact plus élevé avec la matrice encaissante traduisant soit des circulations très lentes ou des temps de séjour prolongés, soit une contamination (**DAKOURE, 2003**).

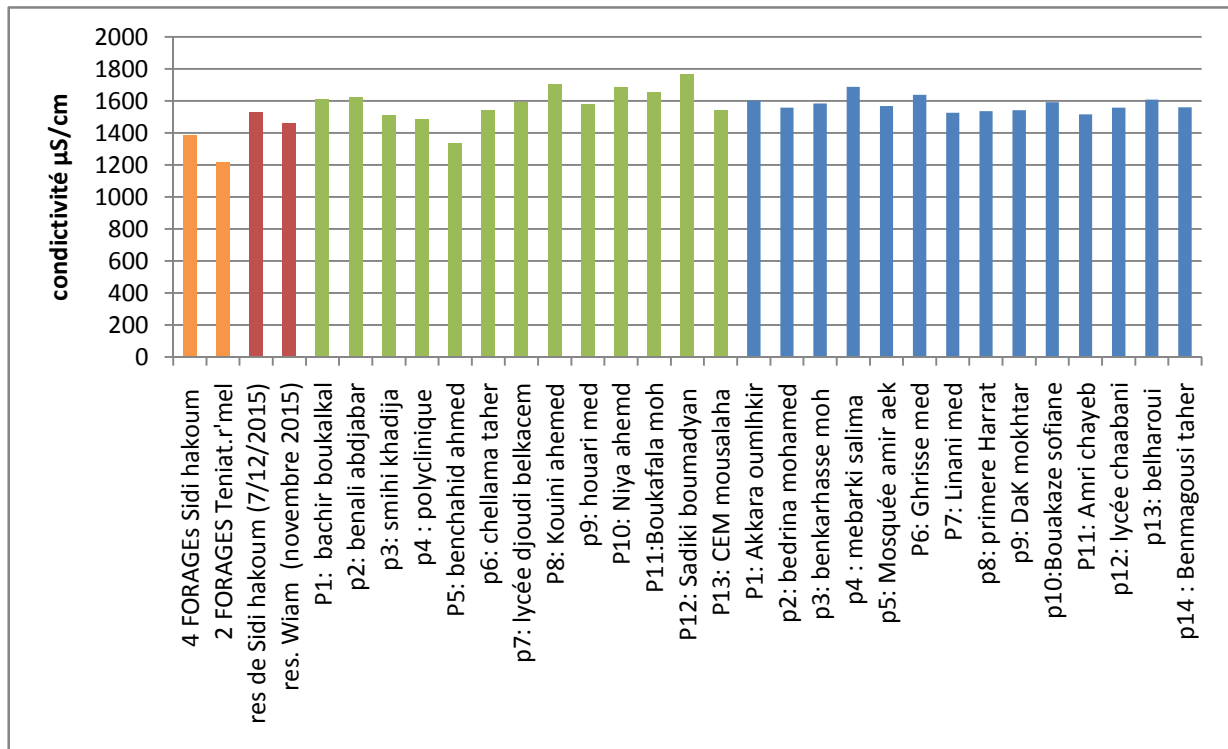


Figure 13: Conductivité électrique des échantillons d'eau étudiés pour les forages, réservoir, quartier Shetit et Wiam.

II.1.6. Nitrates

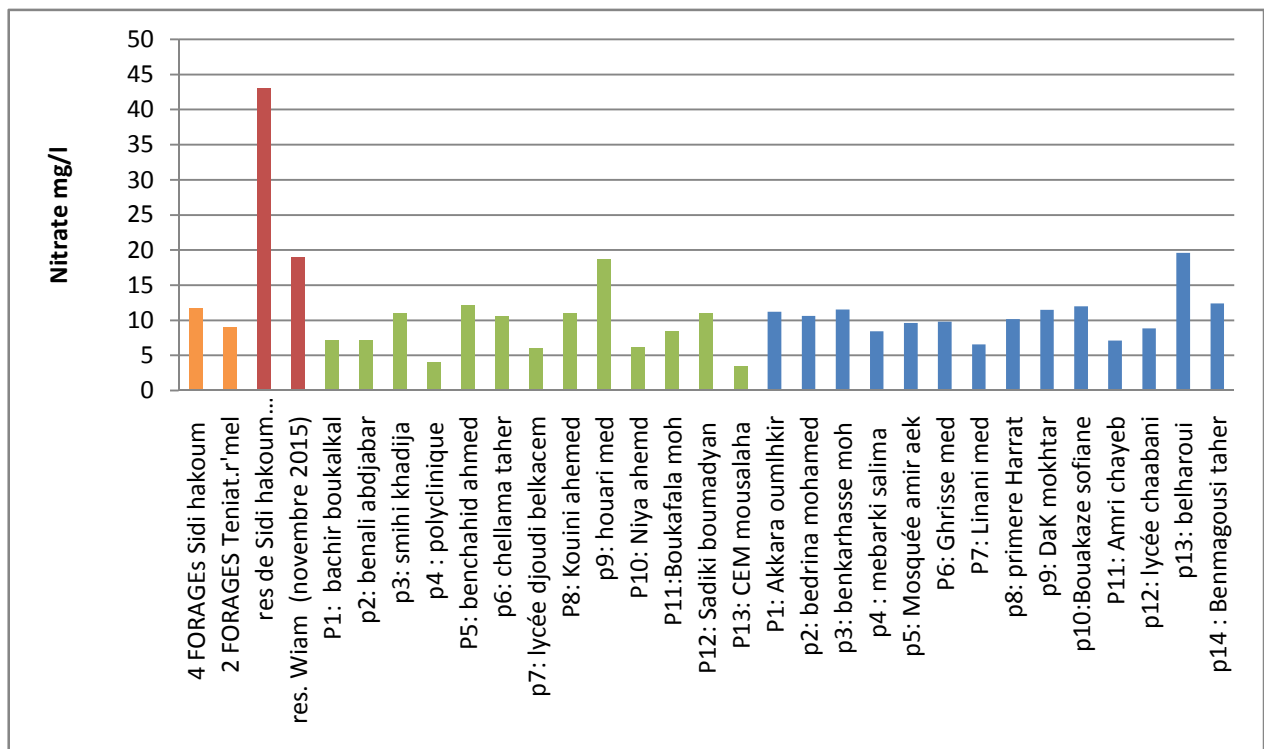


Figure 14: taux de nitrates des échantillons d'eau étudiés pour les forages, réservoir, quartier Shetit et Wiam

Dans les échantillons d'eaux d'adduction de la présente étude, le taux de nitrate est variable dans les trois points de prélèvements (forages, réservoirs, quartiers) cette valeur semble faible. Pour les 2 forages (Teniat R'mel, et Sidi Hakoum) et sont appréciables par rapport aux réservoirs de Sidi Hadja Aissa et Wiam. Ils vont de 9,06 mg NO₃⁻/l dans le forage de T'eniati.r'mel et de 11,79 dans le forage de Sidi Hakoum au 43 mg NO₃⁻/l au niveau de réservoir Sidi Hadja Aissa et 19mg NO₃⁻/l. de réservoir de Wiam et reste faible au niveau le réseau d'adduction. Le taux des nitrates est conforme à la norme algérienne qui a fixée à 50 mg NO₃⁻/l (**JORA, 2000**).

Ces valeurs particulières peuvent être dues à une ancienne pollution, avec une transformation de l'ammonium en nitrite puis en nitrate dans le temps face à un traitement réduit et une élévation de la température. Toutes les formes d'azote sont susceptibles d'être à l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique selon **RODIER et al. (2005)** et **DIB (2009)**.

Dans les eaux naturelles non polluées; le taux de nitrate est très variable suivant la saison et l'origine des eaux. Il peut varier de 1 à 15 mg/l et de même une concentration de 2 ou 3 mg/l, peut être considérée comme normale (**RODIER et al., 2005**). Sa présence excessive peut aussi provoquer un problème de santé publique important tel que la méthémoglobinémie (**BENAMAR et al., 2011**). L'excès des nitrates dans les eaux de consommation bloquent les échanges respiratoires au niveau du sang, à des doses supérieures à 100 mg/l peuvent conduire à la formation *in vivo* de nitrosamines qui sont des dérivés cancérigènes (**MONTIEL, 1999**).

L'OMS (1995) a établi une dose journalière acceptable (DJA) pour les nitrates présents dans les aliments de 0,84 mg azote total/kg/jour (3,7 mg de mg NO₃⁻/kg/j). Elle est basée sur une dose sans effet nocif observé (DSENO) de 83,5 mg azote total/kg/jour (370 mg de mg NO₃⁻/kg/j) (**CHAUSSE et al., 2003**).

II.1.7. Température

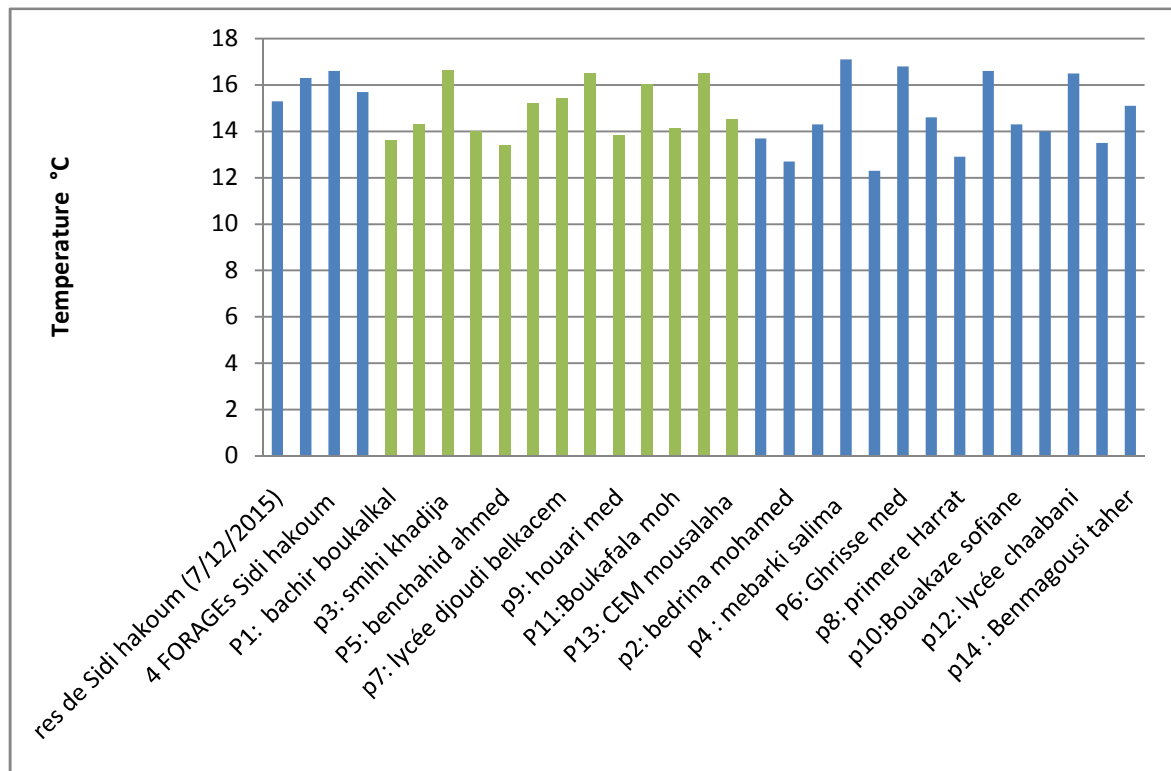


Figure 15: la température des échantillons d'eau étudiés pour les forages, réservoir, quartier Shetit et Wiam

La température mesurée dans la source du forage de Sidi Hakoum et Teniat R'mel, varie entre 15,7°C et 16,6°C durant le mois de février (**figure 15**). Pour le réservoir les températures obtenues sont proches de celles des forages qui vont de 15,3°C au niveau le réservoir de Sidi Hadj Aissa et 16,3°C au niveau le réservoir de Wiam. La faible variation de la température des eaux, montre qu'elles ne séjournent pas longtemps dans le réservoir. Donc la bache d'eau se remplit quotidiennement vu la consommation importante en eaux d'adduction des zones desservies. Les températures du réseau de distribution, sont proches de celles des forages et réservoirs. Elles varient entre 13,4°C à la maison Benchahid Ahmed et 16,6°C à la maison de Smihi khadija dans le quartier du Wiam. Dans les mêmes observations au niveau du Shetit. Il est perceptible sur la figure, que les températures varient légèrement pendant le mois de février.

La variation thermique peut être en fonction de la profondeur de l'aquifère. Si l'aquifère est très profond, elle ne présente pas une grande variation essentiellement par les variations climatiques (**DIB, 2009**). Selon **RODIER et al. (2005)**, les eaux souterraines, dont la température au cours des saisons est d'environ 12°C à 15°C, sont moins sensibles aux

variations de température que les eaux superficielles dont la température varie de 2 à 30°C. Elles ont l'avantage d'arriver dans le réseau de distribution à une température plus basse, mais, elles peuvent s'échauffer dans le réseau. La température mesurée dans les forages ne révèle pas une grande variation, et pendant la distribution, elle prend presque celle de l'air.

Une température élevée des eaux dans le réseau de distribution peut entraîner un développement planctonique important dans les conduites ou une sursaturation en gaz dissous, susceptible de rendre les eaux blanchâtres (**LADJEL, 2009**). La température de l'eau gouverne la solubilité, en particulier celle des gaz mais aussi celle des sels (**BOEGLIN, 2000**) ayant des conséquences sur la conductivité (**DIB, 2009**).

II.1.8. Minéralisation globale

La connaissance du taux d'anions et/ou de cations permet également d'apprécier la qualité de l'eau potable. Pour cette finalité nous avons fait le dosage de calcium, magnésium chlorés, bicarbonates, et sulfate, pour deux réservoirs dont celui de Sidi hakoume et celui Wiam, de même pour deux forages : forage de Sidi hakoum et celui de Teniat.r'mel. Les valeurs ainsi obtenues sont récapitulés dans le tableau (Annexe VI)

Pour le bilan des cations, certaines valeurs de calcium « ca^+ » dépassant la valeur critique fixée par les normes algériennes de potabilité (200 mg de Ca^{+2}/l) (JORA, 2000). Ceci au niveau de forage de sidi hakoum , dans les 2 réservoirs (Wiam, Sidi Hadj Aiss) ,et dans quatre points de prélèvement du Wiam et cinq points de prélèvement du shetit, tandis que les autres échantillons présentent des limites acceptables à la norme (**figures16**).

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. C'est un 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 terrain traversé (**BENAMAR et al., 2011**)

L'influence du calcium de l'eau sur la santé humaine, a été souvent discutée. Dont les recherches et les études statistiques notent qu'il n'y aurait pas de relation dose-effet avec la teneur de cet élément dans l'eau (**RODIER et al., 2005 ; DIB, 2009 ; BENAMAR et al., 2011**).

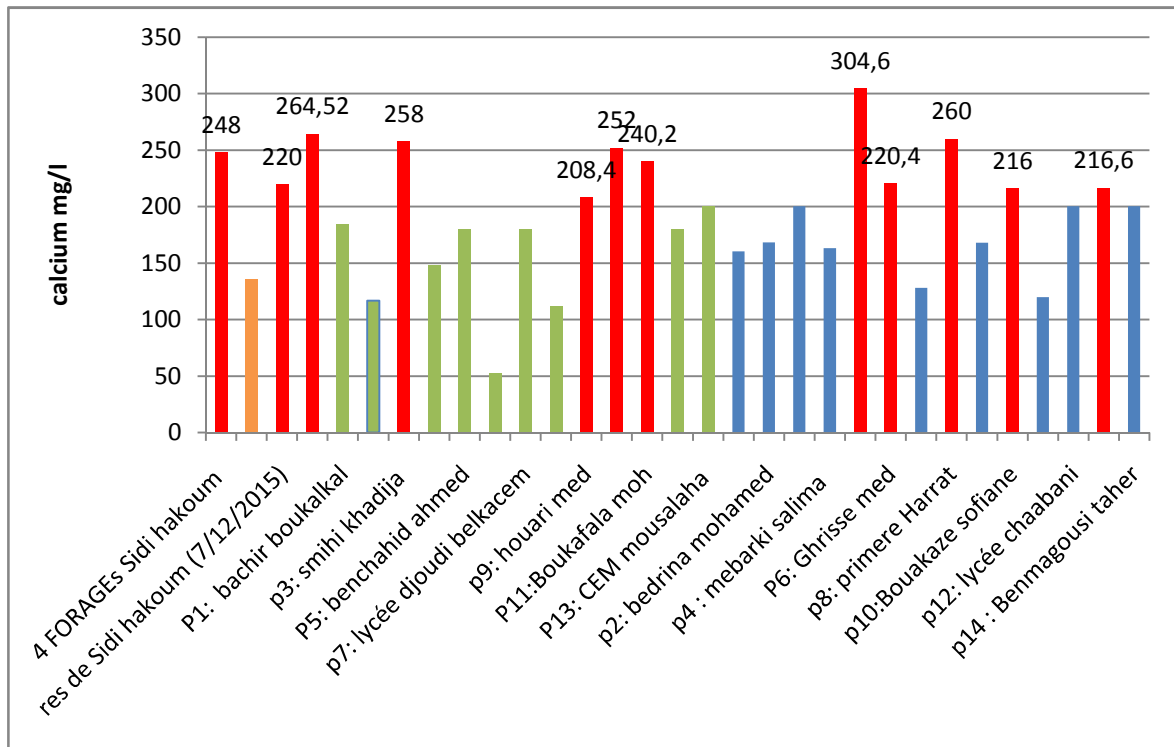


Figure 16: le taux de calcium à partir des échantillons d'eau étudiés pour les forages, réservoirs, quartier Shetit et Wiam

Pour le magnésium « Mg^{+2} », (figure 17) les valeurs obtenues dans tous les cas répondent rigoureusement à la valeur critique dont aucune n'a dépassé 150 mg /l (JORA, 2000).

Au fait que le magnésium est un élément présent dans toutes les eaux naturelles, la variation du magnésium dans les eaux souterraines est due à l'influence des formations carbonatées telles que les calcaires, d'une part, et les formations salifères d'autre part comme les argiles et les marnes qui sont riches en Mg^{+2} (DIB, 2009).

La plupart des sels de magnésium sont très solubles dans l'eau, même le carbonate peut être dissous (300 mg/l à 20°C). Le magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l'eau. Il est présent sous forme de carbonates et d'hydrogencarbonates. En zones arides, il a été constaté que la consommation courante et sans problèmes majeurs pour les habitudes, des eaux contenant 200 mg/l de magnésium avec des teneurs élevées en sulfates (RODIER *et al.*, 2005).

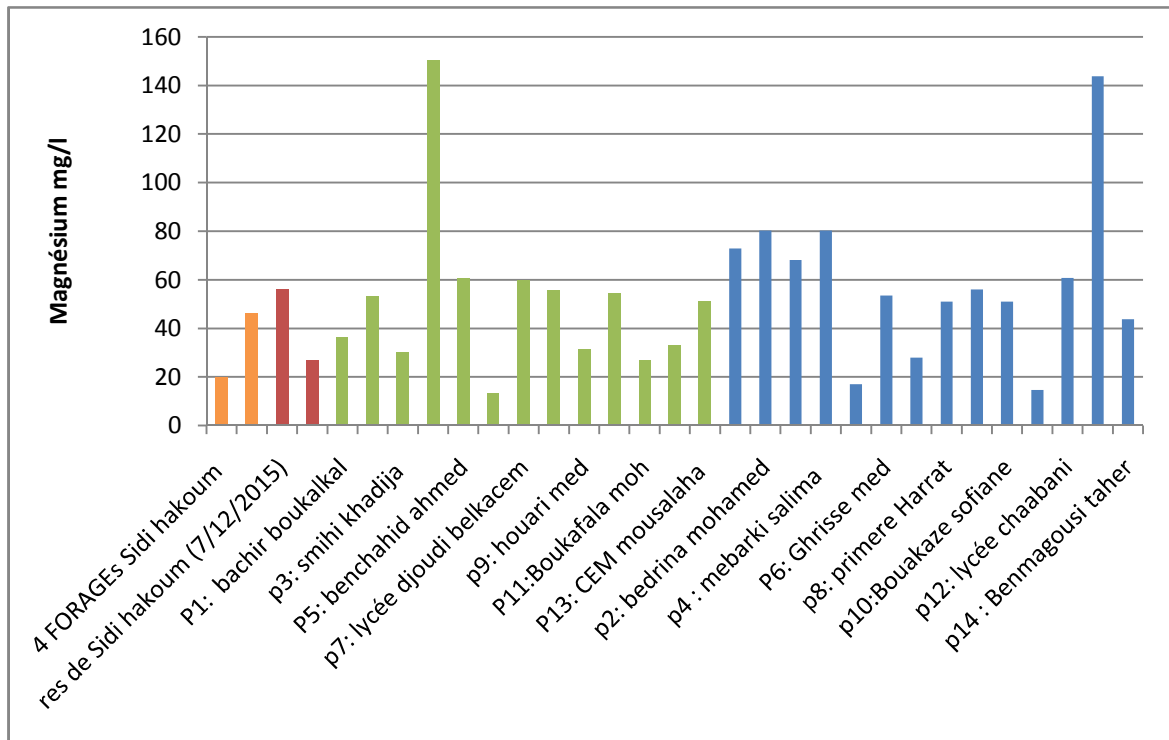


Figure 17: le taux de Magnésium à partir des échantillons d'eau étudiés pour les forages, réservoirs, quartier Shetit et Wiam

En outre pour le bilan des anions, il apparaît que les sulfates est l'anion dominant avec des valeurs variantes entre 169,09 mg/l et 792 mg/l. Les quantités des sulfates augmentent dans les réservoirs après un mélange des forages, et augmentent dans le réseau de distribution, par rapport à la source d'alimentation. Les normes de potabilité algériennes, fixent 200 mg/l et comme concentration maximale admissible 400 mg/l (Jora, 2000) dont ça dépasse les 400 mg/l aux quelques points de prélèvements (**figure18**).

Pour **RODIER et al. (2005)**, les teneurs en sulfate des eaux sont extrêmement variées et sont liées principalement à la nature des terrains traversés. De même, **GUERGAZI ET ACHOUR (2005)**, ont signalé une forte concentration en sulfates pour des eaux souterraines traitées de réservoir et de réseau de distribution de la région de Biskra (46 mg/l à 870 mg/l).

Cet élément donne un goût désagréable aux eaux de consommation et les rendent corrosives vis-à-vis des conduites et des réservoirs. Il est aussi nocif pour les plantes. La concentration en ions sulfates des eaux naturelles, est très variable, peut être largement

dépassée dans les zones contenant du gypse ou lorsque le temps de contact avec la roche est élevée, et la dissolution du gypse (RODIER *et al.*, 2005; DIB., 2009).

La présence de sulfate en quantité supérieure à 300 mg/l peut entraîner dans certaines conditions l'altération des matériaux de construction (corrosion des réservoirs de stockage) et accélérer la corrosion du fer (RODIER *et al.*, 2005).

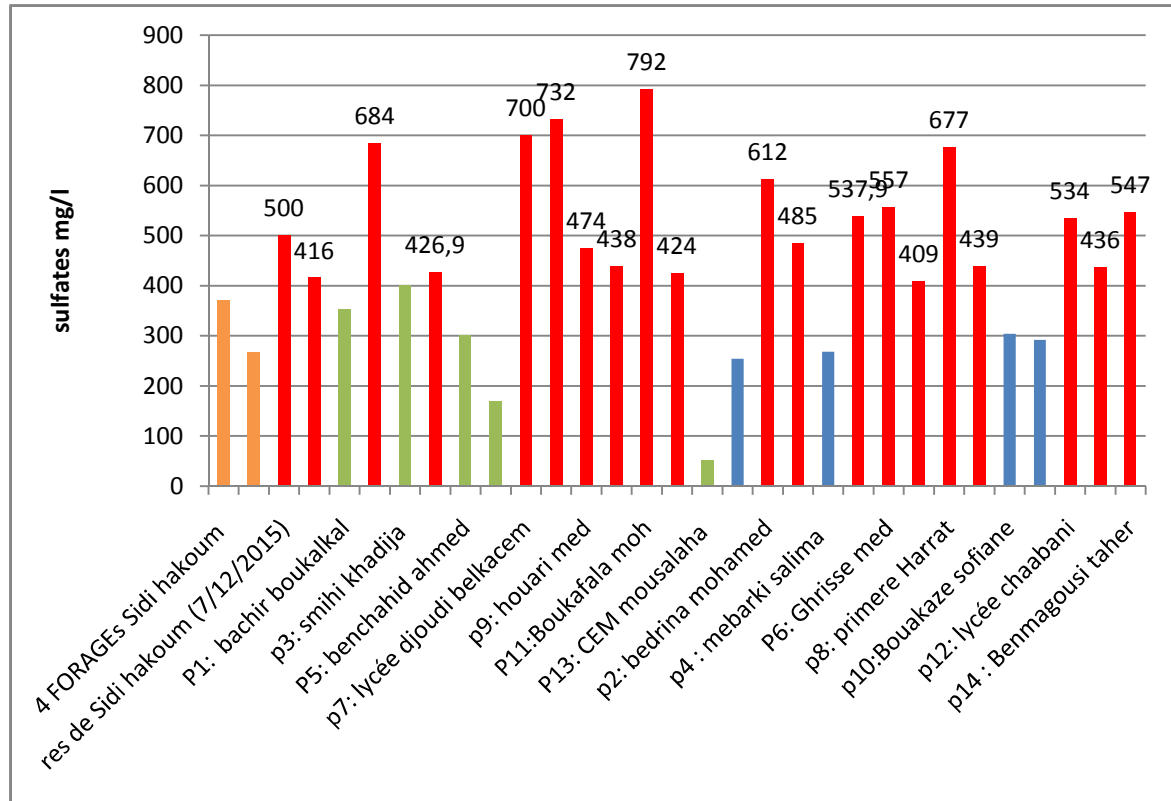


Figure18 : le taux du Sulfates à partir des échantillons d'eau étudiés pour les forages, réservoirs, quartier Shetit et Wiam

Pour le chlore, cet anion présente des concentrations allant de 127,8 mg/l dans le forage de TeniatR'mel , à 184 mg/l dans le réservoir du Wiam (**figure19**). Nous avons remarqué par contre que pour les forages, les réservoirs et les abonnés que les résultats sont normaux est conformes avec les normes algériennes qui fixent le taux de chlore à 500 mg/l (JORA, 2000).

La teneur de chlore dans les eaux naturelles est susceptible de subir des variations en zones arides suite au lessivage superficiel en cas des fortes pluies. Elles peuvent avoir comme origine une contamination par les eaux usées DIB (2009).

L'inconvénient majeur des chlorures, est la saveur désagréable, qu'elles communiquent à l'eau à partir de 250 mg/l (OMS, 1993 ; WHO, 2008), surtout lorsqu'il s'agit

de chlorure de sodium. Pour une quantité équivalente de chlorures, la saveur peut être moins marquée en présence de calcium et de magnésium (RODIER ET AL., 2005).

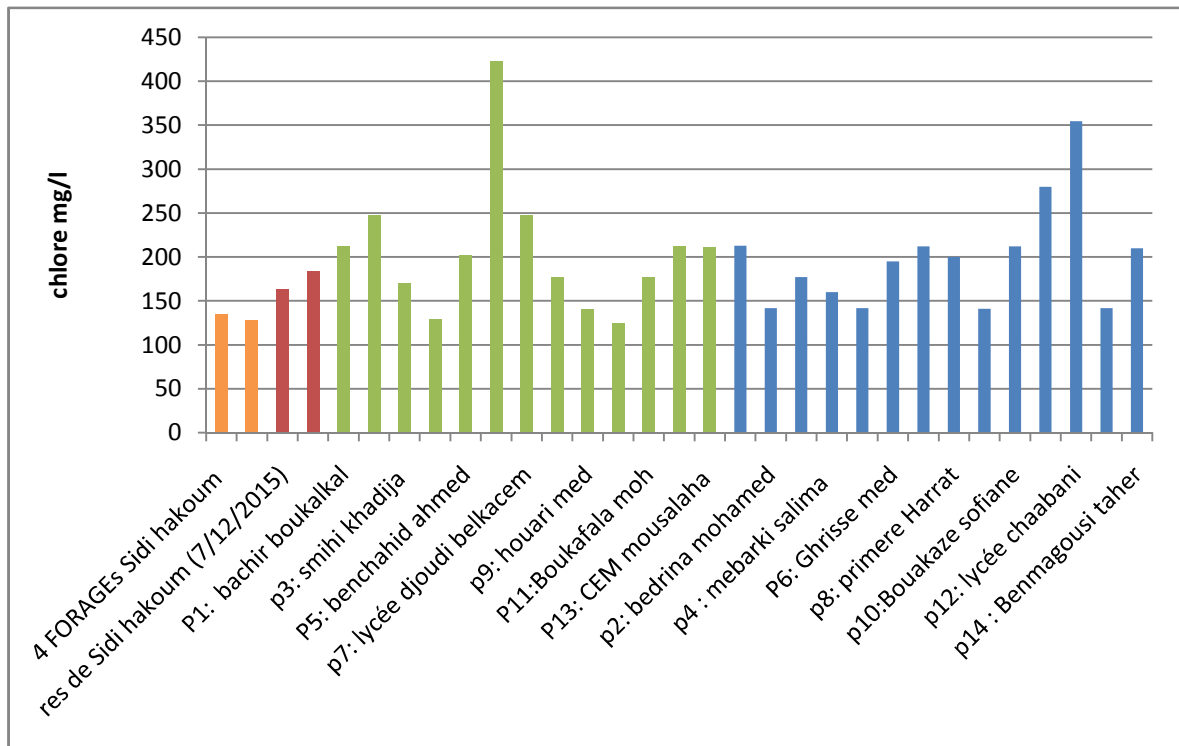


Figure19 : le taux de Chlore à partir des échantillons d'eau étudiés pour les forages, réservoirs, quartier Shetit et Wiam

Selon GUERGAZI ET ACHOUR(2005), les hydrogénocarbonates sont moins dominants que les autres anions (**figure 20**), où ses valeurs varient de 158mg/l au forage de Tenait R'mel, et 211 mg/l dans le forage Sidi Hakoum. 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.

L'évolution des hydrogénocarbonates est couplée à l'évolution de l'alcalinité (**figure20**), car ce sont les bicarbonates qui donnent le caractère alcalin aux eaux domestiques de la ville de Laghouat.

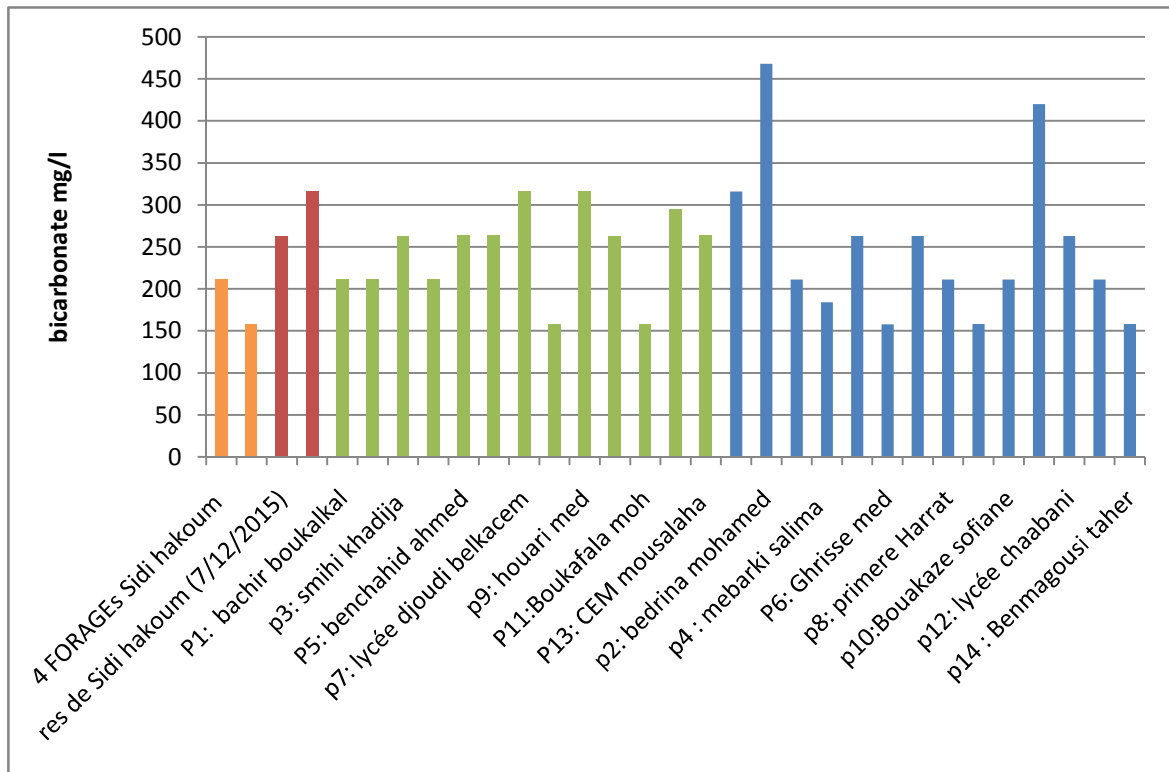


Figure 20: le taux de bicarbonates à partir des échantillons d'eau étudiés pour les forages, réservoirs, quartier Shetit et Wiam

Pour **TABOUCHE ET ACHOUR (2004)**, les ions dominants dans les eaux souterraines de la région orientale du Sahara septentrional algérien sont le plus souvent les chlorures et les sulfates ainsi que le calcium et le magnésium dont l'origine est liée le plus souvent à la dissolution des roches carbonatées et gypsifères (**DIB, 2009**).

En effet, la richesse des eaux en éléments Mg^{+2} , Cl^{-} , Ca^{2+} et SO_4^{2-} , est liée à la dissolution des minéraux susceptibles de se former par évaporation des eaux chargées en sels, et par dissolution des formations évaporitiques. Par contre les éléments Ca^{2+} , Mg^{2+} et HCO_3^{-} sont liés à la dissolution des carbonates (**FEHDI et al., 2009**).

II.2. Résultats des analyses bactériologiques

Tous les résultats de l'analyse microbiologique sont représentés dans la figure suivante

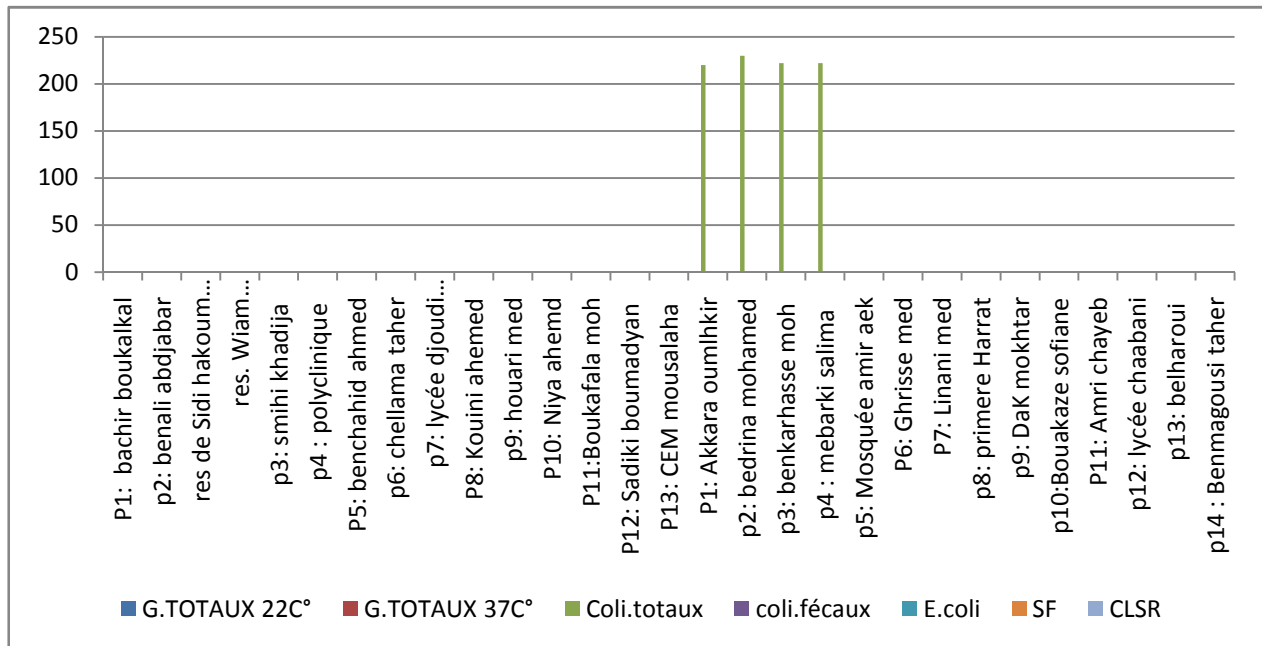


Figure 21 : les résultats des analyses bactériologiques à partir des échantillons d'eau étudiés pour les forages, réservoirs, quartier Shetit et Wiam

II.2.1. Germes totaux

Les réglementations algériennes précisent que pour les eaux destinées à la consommation humaine, la norme guide est inférieure ou égale à 10 UFC/ml à 37°C et 100 UFC/ml à 22°C (**JORA, 2000**). Le dénombrement des bactéries mésophiles aérobies et anaérobies facultatives, vise à estimer la densité de la population bactérienne dans l'eau potable. Il permet ainsi une appréciation globale de la salubrité générale d'une eau, sans toutefois préciser les sources de contamination. D'une manière générale, la présence de germes totaux en quantité anormalement élevée, semble être indicatrice de difficultés de traitement ou d'un entretien inadéquat du réseau (**LEVALLOIS, 2003**). D'après nos résultats nous pouvons confirmer l'absence des germes totaux au niveau des forages, les réservoirs et chez les clients.

La numération totale des bactéries à 22°C et 37°C dans une eau de distribution publique sera un excellent moyen de mettre en évidence l'abattement global du traitement, mais surtout d'une prolifération ultérieure de la flore initiale (**MARTIN, 1985**). Au niveau des forages de Tenait R'mel et Sidi Hakoum, aucun germe n'a été retrouvé confirmant entre autres la qualité de la source.

Dans les milieux naturels, essentiellement les eaux souterraines, de nappes profondes ou alluviales, qui sont soumises à cet examen présentent une bonne qualité microbiologique

(**ROBERT, 1999**). Si l'eau des nappes est stérile, la seule présence de bactéries suffit à donner l'alerte. Mais dans la plupart des eaux profondes vit une flore bactérienne normale. Cette flore est cependant relativement constante (**RODIER et al., 2005**).

En captage, si le nombre augmente de manière importante, en particulier après une forte pluie, cela montre que la ressource est mal protégée, se contamine par des eaux d'infiltration. Dans ce cas, il n'est pas rare de voir apparaître des germes de pollution fécale (**FIGARELLA et LEYRAL, 2002**). Selon **LADJEL (2009)**, la flore bactérienne normale des eaux souterraines lors de son accroissement peut traduire l'apport de bactéries étrangères qui impliquent une défaillance dans la protection des eaux.

La stagnation de l'eau dans les réservoirs du réseau de distribution, peut entraîner une augmentation spectaculaire de bactéries totales, pouvant aller de 10 à 10000 fois le chiffre initial. Ce phénomène se produit, en particulier, lorsque le résiduel de chlore libre disparaît de l'eau stockée (**HASLAY et LECLERC, 1993; FIGARELLA et LEYRAL, 2002**).

Un réseau de distribution n'est malheureusement pas un simple outil de transport de l'eau potable (**CELERIER et FABY, 1998; GAUTHIER, 2002**). Il se comporte comme un réacteur biologique dans lequel toutes les conditions sont réunies (**LEVI, 1995; SIBILLE, 1998**). Dans le réseau, se forme également un biofilm, le problème majeur avec cette forme de vie, est qu'elle confère une résistance importante à différents stress, UV, toxicité de métaux, dessiccation, déplétion en nutriments et surtout aux antibiotiques (**COSTERTON et al., 1999**).

Le biofilm peut provoquer une contamination plus générale du réseau du fait de sa mise en suspension, et ceci jusqu'au robinet de l'utilisateur. La mise en suspension est peut-être la conséquence de comportement hydraulique du réseau par les phénomènes de coupure et de retour d'eau qui peut arracher le biofilm (**CELERIER et FABY, 1998**).

Les paramètres contrôlant la prolifération bactérienne des réseaux, sont nombreux et la température apparaît comme l'un des paramètres clés, pour l'explication d'une prolifération estivale des bactéries du réseau (**MAUL et al., 1989**). Toutefois, c'est la matière organique biodégradable qui a fait l'objet de la plupart des recherches récentes, car la croissance des bactéries hétérotrophes ne peut avoir lieu qu'en présence de matières organiques (**VAN DER KOOIJ, 1982 ; MAUL et al., 1989**). De même le maintien d'un résiduel de chlore dans un réseau de distribution, est souvent souhaité pour limiter la prolifération bactérienne de

bactéries hétérotrophes et pour limiter les risques de post contamination dus à des accidents de distribution (MAUL *et al.*, 1989).

Les bactéries fixées à la paroi des tuyaux de distribution, apparaissent très protégées de l'action du chlore. A des doses de chlore égales, les bactéries en suspension dans l'eau, sont plus sensibles que les bactéries de biofilm (MAUL *et al.*, 1989). Les germes totaux sont indicateurs de l'efficacité du traitement (EL HAISSOUFI *et al.*, 2011). VAN DER KOOIJ (2003), signale que le maintien d'un désinfectant résiduel est nécessaire pour prévenir la qualité de l'eau contre la détérioration de la qualité.

Le taux de désinfectant nécessaire pour le contrôle de l'activité microbienne, peut dépendre de l'instabilité biologique microbienne. De même les conditions locales (composition de l'eau, le volume du réseau de distribution, la température de l'eau), ont aussi une grande influence. La température de l'eau, suivie d'autres variations et le temps de séjour, a un impact sur l'activité microbienne. Elle augmente à 100% quand la température augmente de 10°C. Des études réalisées sur des réseaux de distribution d'eau potable ont permis l'observation de variations de la qualité microbiologique des eaux transportées le long du système de distribution (MATHIEU *et al.*, 1998; SERVAIS *et al.*, 1995). Ces variations sont dues à l'augmentation du temps de séjour de l'eau dans le réseau qui s'accompagne de celle de la densité bactérienne.

II.2.2 Coliformes totaux

D'après les résultats nous avons remarqué la présence des coliformes totaux dans 4 points de prélèvements pour les habitants de la rue Laroui dans le quartier Shetit confirmant une contamination de l'eau potable par les eaux usées. Les coliformes fécaux doivent être absents dans les eaux transportées sous canalisation (JORA, 2000).

Les résultats, laissent apparaître l'absence des coliformes totaux au niveau des forages de Djbel Lahmar et les forages de Sidi Hahkoum, les réservoirs du quartier Wiam , et du quartier Shetit , regroupant des domiciles des écoles, et la polyclinique de Wiam .

La probabilité d'une contamination fécale dans la source d'alimentation (forages), et dans les réservoirs pendant le transport jusqu'au consommateur, est à écarter. Les normes algériennes exigent l'absence de coliformes totaux, sauf dans des cas exceptionnels, mais jamais dans des prélèvements consécutifs, peut être toléré un nombre inférieur à 10 UFC/100 ml dans les eaux non traitées à l'entrée du réseau ou bien prélevée dans le réseau de distribution (JORA, 2000).

Les coliformes totaux sont utilisés depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale (**CHEVALIER, 2003a**). (**FIGARELLA et LEYRAL 2002**), rapporte que la recherche et le dénombrement des coliformes à 37°C, est intéressant pour juger de l'efficacité de la désinfection d'une eau. Ils sont d'un intérêt moindre pour détecter une contamination d'origine fécale, du fait que certains de ces coliformes peuvent faire partie de la flore naturelle des eaux et des sols non pollués.

La présence de coliformes totaux dans l'eau traitée, ou le dépassement des normes réglementaires, n'impliquent pas nécessairement un risque pour la santé publique. La plupart des espèces de ce groupe se retrouvent naturellement dans le sol ou la végétation selon (**EDBERG et al. 2000**). Certaines espèces qui se retrouvent rarement dans les fèces peuvent se multiplier dans l'eau de consommation comme *Serratia fonticola* (**OMS, 2000**). Le risque sanitaire relié directement à la présence de bactéries du groupe de coliformes totaux, est donc faible, à l'exception de certaines souches d'*E.coli* et de certaines bactéries opportunistes qui peuvent causer de graves maladies chez les patients débilisés (**CHEVALIER, 2003a; EL HAISSOUFI et al., 2011**).

De façon générale, la présence de coliformes totaux dans l'eau potable est un indicateur de risque très imprécis. Ces bactéries peuvent croître dans un réseau d'aqueduc étanche dont l'usine de traitement est parfaitement fonctionnelle. Cette croissance se produit habituellement à partir du biofilm microbien qui se forme sur la paroi des canalisations, particulièrement en cas de faible chlore résiduel (**CHEVALIER, 2003a**). Selon **BARWICK et al. (2000)**, il existe des cas où il est mis en évidence une association entre la détection de coliformes totaux et l'apparition d'épidémies d'origine hydrique. Bien qu'une eau sans coliformes puisse aussi être à l'origine de problèmes de nature gastro-entérique. Les coliformes totaux ne sont donc pas, sauf exception, de bons indicateurs de la présence d'agents pathogènes dans l'eau de consommation. Ils sont cependant très utiles comme indicateurs de l'efficacité du traitement, de l'intégrité du réseau de distribution ainsi que comme indicateurs de la croissance bactérienne après traitement (**CHEVALIER, 2003a**).

II.2.3 Coliformes fécaux

Les coliformes fécaux sont absents dans tous les échantillons d'eau prélevés à partir du point de captage (Forage Teniat R'mel et Sidi hakoum), de la production (réservoirs) et de la distribution jusqu'au robinet du consommateur (tab.).

Coliformes fécaux ou coliformes thermotolérants, forment un sous-groupe de coliformes totaux. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli* et, dans une moindre mesure, certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella*. *E. coli* représente toutefois 80 à 90% des coliformes thermo tolérants détectés (CHEVALIER, 2003b). Il se rencontre dans les matières fécales humaines ou animales, les eaux usées, les eaux de surface polluées (FIGARELLA et LEYRAL, 2002).

La présence des coliformes thermo tolérants, signe l'existence quasi certaine de la contamination fécale d'une eau. *E. coli* est l'espèce la plus représentée dans la flore intestinale de l'homme et des animaux (RICHARD, 1996; FIGARELLA et LEYRAL, 2002; RODIER et al., 2005; EL HAISSOUFI et al., 2011).

L'OMS (2004), n'énonce que la présence d'*E. coli*, apporte la preuve incontestable d'une pollution fécale récente. Ils sont sensibles au traitement de désinfection et ce micro-organisme doit être totalement absent de l'eau de boisson.

De même puisque les coliformes fécaux ne prolifèrent habituellement pas dans un réseau de distribution, ils sont utiles pour vérifier son étanchéité, permettant de détecter une contamination fécale découlant par exemple d'infiltrations d'eau polluée dans les canalisations. Ils sont de bons indicateurs de l'efficacité du traitement d'une eau, mais comme leur nombre est moins élevé que celui des coliformes totaux, ces derniers leur sont préférables pour cette fonction (ROBERTSON, 1995).

L'absence des indicateurs de contamination, dans les eaux distribuées dans le quartier Wiam implique l'absence des germes pathogènes. Les souches retrouvées en milieu naturel ne sont habituellement pas les mêmes et n'ont pas un pouvoir pathogène aussi important. En période estivale, en particulier lorsque la température de l'eau dépasse 15°C, la prolifération de bactéries, est parfois observée de manière récurrente dans certains réseaux de distribution.

II.2.4 Streptocoques fécaux

Les résultats des analyses des eaux recueillis à partir des forages et les réservoirs et les abonnées durant le stage montre l'absence de germes du genre Streptocoques fécaux. La

réglementation algérienne impose l'absence de Streptocoques fécaux dans 100 ml d'eau prélevés (JORA, 2000). Selon FIGARELLA et LEYRAL (2002), RODIER *et al.* (2005), la présence de Streptocoques fécaux doit s'accompagner de la présence de coliformes fécaux pour être certain d'une contamination fécale d'une eau d'alimentation. Par exemple, les espèces *E. casseliflavus* et *E. mundtii*, sont communément rencontrées sur les végétaux et dans les sols incultes (HASLAY et LECLERC, 1993; FIGARELLA et LEYRAL, 2002). La persistance des entérocoques dans divers types d'eau peut être supérieure à celle des autres organismes indicateurs (OMS, 2000), notamment à cause de leur résistance notoire aux agents désinfectants (HASLAY et LECLERC, 1993), ce qui fait d'eux des indicateurs privilégiés pour évaluer l'efficacité du traitement de l'eau (OMS, 2000).

De plus, leur grande résistance à la dessiccation fait des entérocoques des indicateurs pour le contrôle lors des réparations du réseau de distribution nécessitant un assèchement (CHEVALIER, 2002). 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. La résistance aux agents désinfectants, est également plus importante, probablement du fait de leur mode de groupement en chainettes.

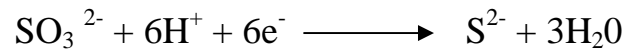
Ils sont comparables à la celles des entérovirus. Cette propriété pourrait permettre aux entérocoques de mieux représenter la contamination virale d'une eau (ROBERT, 1999; FIGARELLA et LEYRAL, 2002). Par ailleurs, puisqu'il n'y a généralement pas de croissance des entérocoques dans un réseau de distribution, leur détection témoigne généralement d'une pollution fécale récente (CHEVALIER, 2002; LADJEL, 2009; EL HAISSOUFI *et al.*, 2011).

(ZMIROU *et al.* 1987) ont mis en évidence un risque accru de développer une gastroentérite avec un nombre relativement restreint de streptocoques fécaux (3 à 10 bactéries/100 ml). Les personnes les plus à risque d'être infectées par un entérocoque résistant à la vancomycine sont habituellement celles ayant un état de santé débilisé ou qui subissent des traitements médicaux (CHEVALIER, 2002).

II.2. 5. Clostridium Sulfito-Réducteurs

La recherche des spores de bactéries Anaérobies Sulfito-Réducteurs (ASR) et les Clostridium Sulfito-Réducteurs, laisse apparaître que les échantillons d'eau étudiés au niveau

des forages, réservoirs ainsi les abonnées, ne présentent pas des micro-organismes anaérobies Sulfito-Réducteurs (ASR). Ils sont totalement absents. Les normes algériennes tolèrent 1 spore d'anaérobie Sulfito- Réducteur (ASR) dans 20 ml d'échantillon analysée (JORA, 2000). Ces germes réduisent le sulfite de sodium en sulfure, selon la réaction suivante:



Les spores de Clostridium Sulfito-Réducteurs renferment une grande variété de Clostridium comme *C. perfringens*, *C. sporogenes*, *C. fallax*, *C. septicum*, *C. bifermentans*, *C. roseum*, etc. (FIGARELLA et LEYRAL, 2002).

EL HAISSOUFI et al. (2011), rapporte qu'il faut signaler que les bactéries Anaérobies Sulfito-réductrices sont souvent considérées comme des témoins de pollution fécale.

Les spores des bactéries Anaérobies Sulfito-Réducteurices (ASR), sont largement rependues dans l'environnement. Elles font partie de la flore tellurique naturelle, aussi bien que dans les matières fécales humaines et animales. C'est pourquoi, leur utilisation en tant qu'indicateurs de contamination fécale d'une eau n'est pas très spécifique. La spécificité plus grande de *C. perfringens* en tant qu'indicateur de contamination fécale, est très controversée car sa présence effective dans les matières fécales accompagne d'une présence dans le sol, les vases, les eaux superficielles, malgré, qu'elle reste la plus spécifique (FIGARELLA, 2002; RODIER, 2005). Par contre les spores des ASR et celles de *C. perfringens* peuvent être intéressantes en tant qu'indicateurs de traitement (FIGARELLA et LEYRAL, 2002; RODIER et al., 2005; BAUDIN et al., 2007). LADJEL (2009), rapport que les ASR représentent l'indice d'une contamination fécale ancienne, du fait des formes plus résistantes aux chlorations.

Les mécanismes impliqués dans les phénomènes de corrosion sont souvent une combinaison complexe de procédés physiques, chimiques, mais également biologiques. Ainsi, plusieurs types bactériens peuvent être responsables de bio corrosion, telles que les bactéries anaérobies sulfato réductrices. Ces bactéries sont présentes au niveau de la sous-couche du biofilm, en contact avec le métal. La réduction des sulfates entraîne la formation d'hydrogène sulfuré qui se combine avec les sels ferreux pour donner du sulfure de fer (GAUTHIER, 2002). De même, certains goûts et odeurs de sulfures sont produits après la réaction de réduction (OIEAU, 1999a).

Conclusion

Conclusion

L'eau constitue un élément essentiel pour l'organisme humain, pour sa vie et ses besoins journaliers, cela implique une surveillance colossale considérablement sur le plan physico-chimique et bactériologique. La nature et l'origine des eaux, les variations du milieu et l'hydraulique du réseau de distribution, influent sur les caractéristiques physico-chimiques et hygiéniques des eaux potables de la ville.

L'étude menée au cours de ce travail a pour but d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux potables de deux quartiers situés dans la ville de Laghouat. Pour ce faire, des échantillons d'eau ont été prélevés au niveau de 31 points, allant de la source jusqu'au consommateur, sur lesquels des analyses physicochimiques et microbiologiques ont été effectuées.

Selon les résultats obtenus durant cette étude, l'eau de ces deux localités est classée comme une eau sulfatée calcique avec une prédominance du magnésium et du chlore. Cette eau provient donc, des terrains qui se caractérisent par une formation rocheuse de type calcaire dolomitique.

Du point de vue physico-chimique, l'ensemble des résultats obtenus ont révélé, une dureté importante, donc c'est une eau qui est dure avec une conductivité moyenne et une teneur en nitrate largement variable dans les trois points de prélèvements (forages, réservoirs, abonnées).

Une augmentation du taux des nitrates dans l'eau du forage est notée dans un réservoir, du fait que cette eau emprunte une canalisation vétuste dans laquelle nous trouvons des dépôts de polluons qui sont le résultat de canalisation mal entretenue. Selon le résultat de cette étude la qualité des eaux de premier forage qui est de Djbel Lahmar est plus appropriée à la consommation par rapport à l'eau du forage de Sidi Hakoum.

Du point de vue bactériologique les résultats obtenus montrent la présence du germe indicateur d'une pollution fécale, telle que les *Coliformes totaux* dans une ruelle au niveau du quartier Shetit due à une cross-connexion. Pour les *Coliformes fécaux*, les *Streptocoques fécaux* et les *Clostridium sulfito-réducteurs*, et les germes *totaux* les résultats obtenus montrent l'absence de tous ces types de germe indicateur de pollution telle que mentionné par les normes algériennes. Les résultats obtenus prouvent la bonne qualité bactériologique de l'eau d'adduction. Elle ne présente aucun risque pour la consommation humaine.

Pour lutter contre les MTH et afin d'assurer la propreté, la sureté et la fiabilité de l'approvisionnement en eau potable de la source au robinet, plusieurs mesures doivent être prises, on peut citer :

- La rénovation des réseaux vétustes et le remplacement des conduites non conformes aux normes techniques.
- Le maintien de la qualité de l'eau du point de captage jusqu'au robinet du consommateur, nécessite en permanence le contrôle et la surveillance du réseau d'ADE.
- Collaboration intersectorielle doit être permanente entre les secteurs d'habitat, hydraulique, la santé et d'algérienne des eaux
- Promotion d'hygiène et de la salubrité publique (amélioration des conditions de vie de citoyens).

Références bibliographiques

A

- 1) **Ahmed KETTAB., 2001.** Les ressources en eau en Algérie : stratégies, enjeux et vision. Désaliénation, 136, pp. 25-33.
- 2) **ASHWORTH et COLBOURNE., 1986.** Microbial alterations of drinking water by building services materials, fields observations and the United Kingdom water fitting scheme. Proc. Biodeterioration Society Meeting. Delft, Holland, EPA, P12.
- 3) **AVRIL J. L., FAUCHERE J. L., 2002.** Bactériologie générale et médicale. Ed. Ellipses, Paris: 218-325.

B

- 4) **BARWICK R. S., LEVY D. A., CRAUN G. F, BEACH M. J., CALDERON R. L., 2000.** Surveillance for waterborne-disease outbreaks- United States, 1997-1998. Mortality and Morbidity Weekly Review Surveillance Summaries, 49(SS04), 26 mai: 1-35.
- 5) **BENAMAR N., MOUADIH N., BENAMAR A., 2011.** Étude de la biodiversité et de la pollution dans les canaux de l'Ouest algérien: le cas de l'oued Cheliff. Colloque international. Usages écologiques, économiques et sociaux de l'eau agricole en méditerranée: quels enjeux pour quels services ? Université de Provence, Marseille, 20-21 janvier 2011, P6.
- 6) **BENLEMLIH M., IDIR M., ZANIBOU A., BENNIS Y., EL OUALI LALAMI A., 2011.** Pollution des eaux de puits de certains quartiers de la ville de Fès, Maroc. Rev. Microbiol. Ind. San et Environn. Vol 5, N°1: 37-68.
- 7) **BLATT H., TRACY R. J., 1996.** Petrology Igneous, Sedimentary, and Metamorphic. 2nd Edition, Basingstoke: W. H. Freeman & Co, New York, P529.
- 8) **BOEGLIN J.C., 2000.** Contrôle des eaux douces et de consommation humaine. Ed. Techniques de l'ingénieur, P24.
- 9) **BONNIN J., 1982.** Aide mémoire d'hydraulique urbaine. Edition. Eyrolles. P : 23-24- 27-32-33.
- 10) **BONNIN J., 1982.** Aide mémoire d'hydraulique urbaine. Edition. Eyrolles. P : 23-24-27-32-33.

- 11) **Bouchekima.B, Bernard, G, Ouahes.R, Diboun.,2000** M, Etude théorique et application pratique du distillateur solaire à film capillaire, Int. J. Therm. Sci. 39, 442-459.
- 12) **BRIERE F.G., 2000.** Distribution et collecte des eaux. 2eme édition : École Polytechnique de Montréal .P :299-300.
- 13) **BRIERE F.G., 2000.** Distribution et collecte des eaux. 2eme édition : École Polytechnique de Montréal .P :299-300.

C

- 14) **CASTANY G., 1982.** Principes et méthodes de l'hydrogéologie. Edition: Dunod
- 15) **Catherine,B., Hubert.,**Traitement des eaux. Association des techniciens de dialyse
- 16) **CELERIER J.L., FABY J.A., 1998.** La dégradation de la qualité de l'eau potable dans les réseaux. Document technique FNDAE, Office International de l'Eau SNIDE, Paris, P98.
- 17) **CHAUSSE K., PHANEUF D., LEVALLOIS P., GSSE, 2003.** Nitrates/Nitrites-
Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec, 12 p.
- 18) **CHEVALIER P., 2003a.** 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.
- 19) **CHEVALIER P., 2003b.** Coliformes fécaux. Fiche synthèse sur l'eau potable et la santé humaine. Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec, 3 p
- 20) **COSTERTON J. W., STEWART P. S., GREENBERG E. P., 1999.** Bacterial biofilms:A common cause of persistent infections. Science Journal 21 May 1999: Vol. 284 N° 5418 : 1318- 1322.
- 21) **COSTERTON J. W., STEWART P. S., GREENBERG E. P., 1999.** Bacterial biofilms: A common cause of persistent infections. Science Journal 21 May 1999: Vol. 284 N° 5418 : 1318- 1322.
- 22) Curie, P255.

D

- 23) **DAKOURE D., 2003.** Etude hydrogéologique et géochimique de la bordure Sud-Est du bassin sédimentaire de Taoudéni (Burkina Faso - Mali)- Essai de

- modélisation. Thèse de doctorat, sciences de la Terre, Géosciences et Ressources Naturelles, Université Paris VI - Pierre et Marie
- 24) **DEGREMONT G., 1990.** Mémento technique de l'eau. Tome 1, 2ème édition: Copyright dégrement. P129.
- 25) **DESJARDIN R., 1990.** Le traitement des eaux. 2ème édition revue, Ed. Ecole polytechnique de Montréal, Canada, P304.
- 26) **DESJARDIN R., 1990.** Le traitement des eaux. 2ème édition revue, Ed. Ecole polytechnique de Montréal, Canada, P304.
- 27) **DIB I., 2009.** L'impact de l'activité agricole et urbaine sur la qualité des eaux souterraines de la plaine de Gadaine- Ain Yaghout (Est Algérien). Mémoire de magister en hydraulique, construction hydro-technique et environnement, faculté des sciences de l'ingénieur, département d'hydraulique, Université Hadj Lakhdar Batna, P127.
- 28) **Direction de la santé Laghouat : Statistiques des maladies à déclaration obligatoire, mars 2016.**
- 29) **DUPONT A., 1974.** Hydraulique urbaine. « Hydrologie, captage et traitement des eaux ». Tome 1. 3ème édition: Eyrolles. Paris .P: 26-28-34-64
- 30) **DUPONT A., 1974.** Hydraulique urbaine. « Hydrologie, captage et traitement des eaux ». Tome 1. 3ème édition: Eyrolles. Paris .P: 26-28-34-64

E

- 31) **EDBERG S. C., RICE E. W., KARLIN R. J., ALLEN M. J., 2000.** *Escherichia coli*: the best biological drinking water indicator for public health protection. Journal of Applied Microbiology, n°88: 106-116.
- 32) **EL HAISSOUFI H., BERRADA S., MERZOUKI M., AABOUCH M., BENNANI L., ELLIOUA M., 2010.** Etude de l'évolution spatio-temporelle de certains paramètres de qualité dans le réseau d'eau potable de la RADEEMA. Master Spécialisé en Management et Ingénierie des Services d'Eau et d'Assainissement, Spécialité: AEP ressource/besoin, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, P78.
- 33) **EPA., 1992.** Control of biofilm growth in drinking water distribution Systems EPA, Washnigton.

F

- 34) **FEHDI C., BOUDOUKHA A., ROUABHIA A., SALAMEH E., 2009.** Caractérisation hydrogéochimique des eaux souterraines du complexe aquifère Morsott-Laouinet (Région Nord de Tébessa, Sud-Est algérien). *Afrique Sciences* 05 (2) (2009) : 5-12.
- 35) **FIAMBSCH HAMBSCH B., 1998.** Chang from chlorine residual distribution to no chlorine residual distribution in groundwater system. *Water supply*. Vol 6 N°3/4. Germany. P: 145-152.
- 36) **FIAMBSCH HAMBSCH B., 1998.** Change from chlorine résidual distribution to no chlorine residual distribution in groundwater system. *Water supply*. Vol 6 N°3/4.
- 37) **FIGARELLA J., LEYRAL G., 2002.** Analyse des eaux: Aspects réglementaires et techniques. Ed. Scérén CRDP d'Aquitaine, Paris, P360.
- 38) **FIGARELLA J., LEYRAL G., TERRET M., 2007.** Microbiologie générale et appliquée. Ed. Delagrave, Paris, 217 p.
- 39) **FOLIGUET J., 1982.** *Journal water research*
- 40) **FRANÇOIS ANCTIL., 2008.** L'eau et ses enjeux. Edition de Boeck. P:134.

G

- 41) **GAUJOUR D., 1985.** La pollution des milieux aquatiques :Aide-mémoire. Édition revue et augmenté, P49.
- 42) **GAUJOUR D., 1985.** La pollution des milieux aquatiques: Aide mémoire. Édition: revue et augmenté. P: 49.
- 43) **GAUJOUR D., 1985.** La pollution des milieux aquatiques: Aide mémoire. Édition: revue et augmenté. P: 49.
- 44) **GAUJOUR D., 1995.** La pollution des milieux aquatiques : Aide mémoire. 2eme édition : Lavoisier. P : 49.
- 45) **GAUTHIER F., 2002.** Biofilms et qualité biologique de l'eau potable au cours de sa distribution.Mémoire de DESS, Qualité et Gestion de l'Eau. Université de Picardie, Amiens, P69.
- 46) **GODART H., 2000.** Eau de distribution, traitements unitaires. Ed. Techniques de l'ingénieur, Paris, P20.
- 47) **GUERGAZI S., ACHOUR S., 2005.** Caractéristiques physico-chimiques des eaux d'alimentation de la ville de Biskra, pratique de la chloration. *Lahryss Journal*, P119-127

H

- 48) **HARKABUS N., 2006.** Etude de la mise à l'équilibre de l'eau avec diminution du potentiel de dissolution du plomb et Choix d'une décarbonation pour la ville de Dijon. Mémoire de Mastère Spécialisé EPA, Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg, P95.
- 49) **HASLAY C., LECLERC H., 1993.** Microbiologie des eaux d'alimentation. Ed. Technique et documentation-Lavoisier, Paris: 70-72.
- 50) **HASLAY C., LECLERC H., 1993.** Microbiologie des eaux d'alimentation. Ed. Technique et documentation-Lavoisier, Paris: 70-72.

I

- 51) **IGOR.R ., 1983.**La décennie ; pas seulement une question de pompes ou de tuyaux ; Santé du Monde, O.M.S
- 52) **ISO., 1990.** Qualité de l'eau. Dénombrement des micro-organismes revivifiants. Comptage des colonies par inoculation dans ou sur un milieu de culture nutritif gélosé. NA 763, ISO 6222. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, P4.

J

- 53) **Jean-François Thivierge., 1995.** Etude du potentiel des systèmes hybrides de pompage solaire. Thèse de M.Sc.A. en Génie Civil, présentée à l'Université d'Ottawa, Canada.
- 54) **JORA, 2000.** Les normes de potabilité d'une eau de consommation. Journal officiel de la République algérienne N°51, 20 août 2000, Alger, P4.
- 55) **JORA, 2009.** Le décret exécutif n° 09-414. Journal Officiel de la République Algérienne N°75, 20 décembre 2009, Alger : 10-15.
- 56) **JUERY C., 2004.** Définition des caractéristiques techniques de fonctionnement et domaine d'emploi des appareils de désinfection. Document technique FNDAE n°2, office internationale de l'eau, SNIDE : 7-14

K

- 57) **KETTAB A., 1992.** Traitement des eaux. Les eaux potables. Edition: Office des Publications Universitaires. Alger: 4. P 118-111-123.
- 58) **KETTAB A., 2005.** De l'eau pour un développement durable. ENP.LRS: EAU

L

- 59) **LADJEL S., 2009.** Contrôle des paramètres physico-chimiques et bactériologiques d'une eau de consommation. Les cahiers techniques du stage T 7. Centre de formation en métiers de l'eau, Tizi Ouzou, P101.
- 60) **LARPENT J. P., 1997.** Microbiologie alimentaire: Technique de laboratoire. Ed. Technique et documentation-Lavoisier, Paris, P1073.
- 61) **LEBRES E. A., MOUFFOK F., 2008.** Le cours national d'hygiène et de microbiologie des eaux de boisson. Laboratoires bactériologiques alimentaires et des eaux. Institut Pasteur d'Algérie, Alger, P53.
- 62) **LEVALLOIS P., 2003.** Bactéries hétérotrophes aérobies et anaérobies facultatives. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec, P3.
- 63) **LEVI Y., 1995.** Les paramètres influençant le développement des germes dans les réseaux d'eau potable. Ed. Technique Science et Méthode, N°3 : 240-245.

M

- 64) **Maïga Fatoumata Sokona., 2002. Manuel du cour d'hygiène du milieu, F.M.P.O.S**
- 65) **MARCEL F.R., 1986.** Dictionnaire français d'hydrologie de surface. Edition, Masson.
- 66) **Marie cuq.,2011.** Eau : droit de l'homme ou marchandise ? Réflexion sur l'effectivité du droit de l'homme à l'eau, humanrights abuses in the contemporary world : Legal approches, Tblilissi : Géorgie.
- 67) **MARTIN G., 1985.** Point sur l'épuration et le traitement des effluents (eau, air) volume 2.1: bactériologie des milieux aquatiques, aspects écologiques et sanitaires. Ed. Technique et documentation-Lavoisier, Paris : 54-85.
- 68) **MATHIEU L., PAUIN J. L., BLOCK J. C., RANDON G., MAILLARD J., REASONER D., 1992,** Paramètres gouvernant la prolifération bactérienne dans les réseaux de distribution, Science Eau, N° 5 : 91-112.
- 69) **MAUL A., VAGOST D., BLOCK J.C., 1989.** Stratégie d'échantillonnage pour analyse microbiologique sur réseau de distribution d'eau, méthodes et programmes informatiques, Ed. Technique et documentation-Lavoisier, Paris : 1-9.

- 70) **MEGDOUD D., 2003.** Qualité des eaux du Sahara Septentrional. Journées Techniques et Scientifiques sur la qualité des eaux du Sud: Un combat pour la qualité, 19 et 20 mai 2003, El Oued, 45.
- 71) **MONTIEL A., 1999.** Contrôle de la pollution de l'eau. Ed. Techniques de l'ingénieur, P12.
- 72) **Mustapha Bouziani., sept 2000.**L'eau de la pénurie aux maladies, Éditions Ibn Khaldoun– Oran, P .272.250.

N

- 73) **NEZLI I.D., ACHOUR S., HAMDI-AISSA B., 2009.** Approche hydrogéochimique à l'étude de la fluoration des eaux de la nappe du complexe terminal de la basse vallée de l'Oued M'ya (Ouargla). Courrier de savoir, 9 : 57-62.

O

- 74) **OIEAU, 1999a.** Les causes de dégradation de la qualité de l'eau pendant son transport. Office international de l'eau, centre national de formation aux métiers de l'eau, 8 p.
- 75) **OMS (Organisation mondiale de santé), 1994.** Protection et amélioration de la qualité de l'eau. 2ème édition. Volume 1. Genève:18.
- 76) **OMS, 1965.** Normes internationales pour l'eau de boisson. 2ème édition. Ed. Organisation mondiale de la santé, Genève, P31.
- 77) **OMS, 2004.** Directives de qualité pour l'eau de boisson. 3ème édition, Vol. 1. Directives. Ed. Organisation mondiale de la sante, Genève, P110.
- 78) **OMS.,1993.**Directives de l'OMS pour la qualité de l'eau de boisson. Recommandations. Organisation mondiale de la Santé, Genève: 49-50
- 79) **OMS.,1995.** Évaluation de certains additifs alimentaires et contaminants : quarante quatrième rapports du comité mixte FAO/OMS d'experts des additifs alimentaires. Organisation mondiale de la Santé, Genève: 32-46- 94.

P

- 80) **POMEROL C. et RENARD M., 1997.** Élément de géologie.11eme édition: Masson. P: 523.
- 81) **POMEROL C. et RENARD M., 1997.** Élément de géologie.11eme édition: Masson. P:523.

82) **PRESCOTT M., HARLEY J. P., KLEIN D. A., 2003.** Microbiologie. Ed. De Boeck Larcier, Paris, P1137.

83) **PULIM .,1991.**L'eau et la santé en Afrique tropicale colloque pluridisciplinaire Géographique. Médecine limoges, 2 octobre

R

84) **Retiel. N, F. Abdessemed et M. Bettahar., 2008.**Etude expérimentale d'un distillateur solaire plan amélioré. Revue des Energies Renouvelables. Vol. 11 N°4 , P635 – 642.

85) **RIBONI E., ROBERT M., 2000.** Les méthodes de désinfection de l'eau, avantages et inconvénients respectifs entre chlore, U.V., ozone, microfiltration. OzonechSàrl, Boudry, Switzerland, P5.

86) **RICHARD C., 1996.** Les eaux, les bactéries, les hommes et les animaux. Ed. Edition Scientifiques et Médicales Elsevier, Paris, P115.

87) **ROBERT H., 1999.** Qualité microbiologique des eaux brutes distribuées par BRL: exigences et conception d'un suivi adapté. Mémoire d'ingénieur en génie sanitaire, Ecole nationale de la santé publique, Languedoc-Roussillon, Rhône-Catalogne, P80.

88) **RODIER J., 1999.** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer.7eme édition: Dunod, Paris.

89) **RODIER J., 2005.** L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer.8eme édition: Dunod, Paris

90) **RODIER J., 2009.** L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 9eme édition: Dunod, Paris.

91) **RODIER J., BAZIN C., BROUTIN J. P., CHAMBON P., CHAMPSAUR H., RODI L., 2005.** L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Ed. Dunod, Paris, 1384 p.

92) **Rodier, J. 1984.** L'analyse de l'eau. Dénombrement des coliformes, coliformes fécaux, et Escherichia coli présumés. Dunod 7ème Ed., 793-798

93) **Rouissat B. 2010.** La gestion des ressources en eau en Algérie : Situation, défis et apport de l'approche systémique. Revue de l'économie et le management, 10, Université de Tlemcen, Algérie.

S

- 94) **Sadi. A., 2000** .Le Dessalement Solaire - Considérations Techniques. Revue des Energies Renouvelables, Chemss ,p 91-97.
- 95) **Salim Kehal., 2007**. Rétrospective et perspective du dessalement en Algérie. Désaliénation, 204, pp. 403-415.
- 96) **SCHOELLER. H., 1948** .Les modifications de la composition chimique de l'eau dans une nappe. Assemblée générale d'OSLO de l'union Géodésique et Géophysique internationale.
- 97) **SCHULHOF P., CABRIDENC R., CHEDAL J.** Qualité de l'eau dans les grands réseaux de distribution, TSM, 1990, N° 11, 561-594
- 98) **SEBY P., 2006**. Etude de la chloration sur le réseau d'eau potable du syndicat d'Annonay- Serrières (07). Mémoire de licence professionnelle, protection de l'environnement, gestion des eaux urbaines et rurales. Université Louis Pasteur, Strasbourg, P48.
- 99) **Séminaire sur la prévention et la lutte contre les maladies à transmission hydrique Wilaya de Djelfa (2001).**
- 100) **SERVAIS P., LAURENT P., RANDON G, 1995**. Comparison of the bacterial dynamics in various French distribution systems.Ed. Journal Water SRT-Aqua, N°44, (1) : 10-17.
- 101) **SIBILLE I., 1998**. Stabilité biologique des réseaux de distribution d'eau potable. Année biologique, n°78 : 117-161
- 102) **SINGLETON P., 2005**. Bactériologie: pour la médecine, la biologie et les biotechnologies. Ed. Dunod, Paris, P542.

T

- 103) **TABOUCHE N., ACHOUR S., 2004**. Etude de la qualité des eaux souterraines de la région orientale du Sahara septentrional Algérien. Lahryss journal : P99-113.
- 104) **TRAVI. Y., 1993**.Hydrogéologie et hydrochimie des aquifères du Sénégal. Thèse de Doctorat.

U

- 105) **UNICEF, 1999**. Manuel sur l'eau. N°2. P : 42-43
- 106) **UNICEF, 1999**. Manuel sur l'eau. N°2. P: 42-43.

V

- 107) VALENTIN N., 2000. Gestion des eaux : Alimentation en eau assainissement. Presses de l'école nationale des ponts et chaussées, Paris
- 108) VAN DER KOOIJ D., 1982. Determining the concentration of easily assimilable organic carbon in drinking water, J. Am. Water Works Assoc., n°74, (10): 540-545.

W

- 109) WHO, 2008. Guidelines for Drinking Water Quality. Third Edition Incorporating the First and Second Addenda, World Health Organization. Volume 1 Recommendations, Geneva, 515 p.

Z

- 110) Zahid amjad and peter G.koutsoukos.,2010. the sciences and technology of industrial water treatment mineral scales and deposits: An overview ». CRC press, taylor and francis group, lubrizol advanced materials Inc. brecksville ,ohio , Usa.
- 111) ZELLA L., 2007. L'eau pénurie ou incurie. Edition: OPU. Office des Publications.
- 112) ZMIROU D., KELLEY J. P., COLLIN J. F., CHARREL M., BERLIN J., 1987. A follow-up study of gastro-intestinal diseases related to bacteriologically substandard drinking water. American Journal of Public Health, n°77: 582-584

ANNEXE I: Normes algériennes de potabilité des eaux de consommation

(NA 6360-1992)

Tableau: Normes algériennes de potabilité des eaux de consommation

➤ Paramètres bactériologiques

| Paramètres | Unité | Niveau Guide | Concentration max. admissible | Observations |
|--|------------------------|--------------|-------------------------------|---|
| 1- Eau traitée à l'entrée du réseau | | | | |
| Coliformes fécaux | Nbre/100ml | - | 0 | Turbidité (1NTU), pour la désinfection au chlore, il est préférable que le pH=6,8 |
| Coliformes | Nbre/100ml | - | 0 | Chlore libre résiduel 2,2 à 0,5mg/l après 30Mn (minimum) de contact |
| 2- Eau de boisson en bouteille | | | | |
| Coliformes fécaux | Nbre/100ml | - | 0 | La source doit être exempte de contaminant fécal |
| Coliformes | Nbre/100ml - | | 0 | |
| 3- Eau potable de source | | | | |
| Coliformes fécaux | Nbre/100ml | - | 0 | Avertir la population de javelliser ou faire bouillir l'eau au cas où l'on n'arrive pas à respecter les valeurs indicatives |
| Germes totaux 37°C /48h 22°C/72h Pour une eau | Nbre/ lml Nbre/ lml | 10 | - - | traitée le dénombrement des «germes totaux effectué à l'extrémité réseau de distribution ne doit pas excéder le taux obtenu en début de réseau dans 90% des échantillons analysés au cours de l'année |
| Streptocoques Streptocoques fécaux | Nbre/100ml | - | 0 0 | |
| Clostridium sulfite réducteurs | Nbre/20ml | - | 0 | |

➤ Facteurs physico- chimiques

| Paramètres | Unité | Niveau Guide | Concentration max admissible | observations |
|----------------------------|----------------|----------------------|------------------------------|--|
| pH | | 6,5 à 8,5 | | |
| Conductivité | μS / cm à 20°C | - | 2280 | |
| Résidu sec | mg/l | après séchage a 105° | 2000 | En correspondance avec la normalisation des eaux |
| Dureté totale | mg/l CaCo3 | 100 | 500 | |
| Calcium | mg/l | 75 | 200 | |
| Magnésium | // | - | 150 | |
| Sodium | // | - | 200 | |
| Potassium | // | - | 10 | |
| Sulfates | // | 200 | 400 | |
| Chlorures | // | 200 | 500 | |
| Nitrates | // | - | 50 | |
| Nitrites | // | - | 0,1 | |
| Ammonium | // | 0,05 | 0,5 | |
| Phosphates | // | - | 0,5 | |
| Oxydabilité (KMn04) | // | | 3 | Mesure faite à chaud et en milieu acide |
| O2 dissous | // | 5 | 8 | |
| Aluminium | // | - | 0,2 | |

ANNEXE II: Composition des milieux de culture

I. Milieux liquides

I.1. Bouillon Lactose au Pourpre de Bromocrésol (BCPL)

Double Concentration (D/C) :

| | |
|-----------------------------|-----------|
| L'extrait de viande de bœuf | 2 g |
| Peptone | 14 g |
| Lactose | 10 g |
| Pourpre de bromocrésol 1% | 0,06 g |
| Eau distillée | 1000 ml |
| PH | 6,9+/-0.2 |

Simple Concentration(S/C) :

| | |
|-----------------------------|-----------|
| L'extrait de viande de bœuf | 1 g |
| Peptone de caseine | 7 g |
| Lactose | 5 g |
| Pourpre de bromocrésol 1% | 0,03 g |
| Eau distillée | 1000 ml |
| PH | 6.9+/-0.2 |

Autoclavage pendant 15 min à 120°C

I.2. Milieu de Schubert :

| | |
|----------------------|---------|
| Tryptone | 10 g |
| Peptone | 10g |
| Acide glutanique | 0.2g |
| Tryptophane | 0.2g |
| Sulfate de magnésium | 0,7 g |
| Sulfate d'ammonium | 0,4 g |
| Chlorure de sodium | 2 g |
| Citrate de sodium | 0,g |
| Mannit | 7,5g |
| Eu distillée | 1000 ml |
| PH | 7.6 |

Autoclavage pendant 20 min à 120 °C

I.3. Milieu de Rothe :

Double Concentration (D/C) :

| | |
|---------------------------|-----------|
| Peptone de caséine | 40 g |
| Extrait de viande | 3 g |
| Glucose | 8 g |
| Chlorure de sodium | 8 g |
| Phosphate dipotassique | 5,4 g |
| phosphate mono potassique | 5.4g |
| Azide de sodium | 0,4 g |
| Eau distillée | 1000 ml |
| PH | 6.9+/-0.1 |

Simple Concentration(S /C) :

| | |
|---------------------------|-----------|
| Peptone de caséine | 20 g |
| Extrait de viande | 1,5 g |
| Glucose | 4 g |
| Chlorure de sodium | 4 g |
| Phosphate dipotassique | 2,7 g |
| phosphate mono potassique | 2,7 g |
| Azide de sodium | 0,2 g |
| Eau distillée | 1000 ml |
| PH | 6.9+/-0.1 |

Autoclavage pendant 20 min à 120 °C

I.4. Milieu d'Eva Litsky :

| | |
|---------------------------|---------|
| Tryptone | 20 g |
| -Glucose | 5 g |
| Chlorure de sodium | 5 g |
| Phosphate mono potassique | 2,7 g |
| Phosphate di potassique | 2,7 g |
| Azide de sodium | 0,3 |
| Solution d'éthyle violet | 5 g |
| Eau distillée | 1000ml |
| PH | 6,8 à 7 |

Autoclavage pendant 20 min à 120 °C

II. Milieux solides**II.1. Gélose Tryptone Extrait de levure (TGEA)**

| | |
|-----------------------------|---------|
| Extrait de levure | 1 g |
| Peptone de caséine | 5g |
| Glucose 1 S | 1 g |
| Extrait de viande | 3g |
| Agar | 18g |
| Eau distillée Eau distillée | 1000 ml |
| PH | 7 |

Autoclavage pendant 20 min à 120 °C

2.2. Gélose Viande Foie

| | |
|---------------------|--------|
| Base viande foie | 20 g |
| Glucos | 075 g |
| Amidon | 0,7 g |
| Sulfite de sodium | 1,2 g |
| Carbonate de sodium | 0,67 g |
| Agar-agar | 11 g |
| Eau distillée | 1000 g |

Dissoudre les constituants, répartir en tubes ou en flacon, Autoclavage (15min à 120 °C)

Préparation des solutions (Laboratoire ADE)

Préparation de solution EDTA 0,02N

EDTA (poudre séchée pendant 1heure 3,7264
à 180°C)

Eau distillée 1000 ml

2. Préparation de solution Acide chlorhydrique O, 1N

Acide chlorhydrique pure (HCL) 8 ml

Eau distillée 1000 ml

3. Préparation de solution Acide chlorhydrique O, 02N

Acide chlorhydrique 0.1N 100 ml

Eau distillée 400 ml

4. Préparation de solution N.E.T

Noir d'eriochrome T (N.E.T) 0,4 g

Alcool éthylique (conserver à l'abri de
la lumière) 100

5. Préparation de solution tampon à PH = 10

Chlorure d'ammonium 34 g

Ammoniaque 285 g

Tartrate double de K et Na 200 g

Eau distillée 1000 ml

6. Préparation de solution Phénophtaléine à 0,5%

Phénophtaléine 0.5 g

Alcool éthylique 100 ml

Eau distillée 100 ml

7. Préparation de solution méthyle orange à 0,5%

méthyle orange 0.5g

Eau distillée 100 ml

8. Préparation de solution de Nitrates d'argent 0.02N

Nitrate d'argent (AgNO₃ séché) 1.6985g

Eau distillée (Conserver à l'abri de la
lumière) 500 ml

9. Chromate de potassium K₂ CrO₄

Chromate de potassium K₂ CrO₄ 10g

Eau distillée 100 ml

10. Préparation de solution d'hydroxyde de sodium NaOH 0.1N

NaOH 1.124g

Eau distillée 275 ml

ANNEXE III : Méthodes d'analyse Spectrophotométrie d'absorption moléculaire

Tous les dosages sont effectués au niveau d'un spectrophotomètre de marque (ODYSSEY / HACH) DR 2500.

Mode opératoire

- Appuyer sur programme HACH : Sélectionner le programme qui correspond à chaque élément mesuré.
- Transférer 10 ml d'eau distillée dans une cuve (blanc).
- Transférer 10 ml de l'échantillon dans une autre cuve (l'échantillon préparé).
- Transférer le contenu d'une pochette de réactif dans la cuve de l'échantillon préparé.
- Appuyer sur l'icône représentant la minuterie, en suite OK, une période de réaction va commencer.
- Lorsque la minuterie ralentie, essuyer l'extérieur du blanc et introduire dans le compartiment de cuve.
- Appuyer sur zéro, l'indication suivant apparaît sur l'écran 0,00 mg/L.
- Essuyer l'extérieur de la cuve contenant l'échantillon préparé et introduire dans le compartiment de cuve.
- Lire le résultat directement sur l'écran en mg/L.

Remarque : la préparation du blanc et de l'échantillon varie d'un dosage à un autre.

Annexe VI : Tableau des résultats d'analyses physico-chimiques

| | FORAGES Sidi hakoum | FORAGES Teniati.r'mel | res de Sidi hakoum | res. Wiam | Wiam | Shetit |
|-----------------------|--------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|------------------|-------------|---------------|
| conductivité | 1382 | 1215 | 1526 | 1462 | 1585,69 | 1576,71 |
| minéralisation | 1048 | 921,63 | 1157 | 1113 | 1208,54 | 1195,14 |
| TDS | 683 | 597 | 752 | 627 | 794,38 | 786,07 |
| Salinité | 0,7 | 0,6 | 0,8 | 0,7 | 0,79 | 0,79 |
| Ph | 7,1 | 7,6 | 7,3 | 7,5 | 7,38 | 7,24 |
| TH | 700 | 530 | 780 | 770 | 709,85 | 749,29 |
| Ca | 248 | 136 | 220 | 264,52 | 177,94 | 194,76 |
| Mg | 19,82 | 46,45 | 56,3 | 26,85 | 50,60 | 58,64 |
| Cl | 134,99 | 127,8 | 163 | 184 | 205,80 | 198,55 |
| So4 | 371,27 | 268 | 500 | 416 | 457,27 | 453,71 |
| Hco3 | 211 | 158 | 263 | 316 | 245,64 | 249,64 |
| No3 | 11,79 | 9,06 | 43 | 19 | 9,01 | 10,67 |
| T°C | 16,6 | 15,7 | 15,3 | 16,3 | 14,91 | 14,60 |
| Chlore res | / | / | 0,4 | 0,5 | 0,35 | 0,34 |

Tableau des résultats d'analyses bactériologiques

| | | | | | |
|--------------------------|---|-----|-----|-----|-------|
| G.TOTAUX 22C° | / | ABS | ABS | ABS | ABS |
| G.TOTAUX 37C° | / | ABS | ABS | ABS | ABS |
| Coli.totaux | / | ABS | ABS | ABS | 223,5 |
| coli.fécaux | / | ABS | ABS | ABS | ABS |
| E.coli | / | ABS | ABS | ABS | ABS |
| SF | / | ABS | ABS | ABS | ABS |
| CLSR | / | ABS | ABS | ABS | ABS |

عنوان المذكرة: تقييم نوعية مياه الشرب الفيزيوكيميائية و الميكروبيولوجية في منطقتين مختلفتين من مدينة الأغواط

المؤطر: قاسم محمد أمين

الإسم: اكرام

اللقب: مرفوعة

ملخص: المياه الجوفية توفر مياه للشرب لا تقدر بثمن للبشرية. وقد شهدت نوعية هذه المياه في السنوات الأخيرة تدهورا كبيرا . لتسليط الضوء على تأثير البيئة الخارجية على الجودة الفيزيائية والكيميائية والصحية لنوعية مياه الشرب، أجريت دراسة امتدت من شهر فبراير 2016 حتى شهر أبريل 2016 لشبكة التوزيع لثنتين من الأحياء (الوئام، الشطيط) الواقعة في مدينة الأغواط، من المصدر إلى المستهلك. وكان هذا الأخير موضوع تحليلات مختلفة وفقا لتقنيات تقييم نوعية مياه الشرب التي وصفتها الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية. وقد أثبت التحاليل الفيزيائية من مختلف نقاط أخذ العينات بأن الآبار والخزانات والمشاركين لديها بعض العوامل غير مطابقة للمعايير الموصى بها من قبل التشريع الجزائري (الكالسيوم وكبريتات) ومن جهة التحاليل البكتيرية ، أظهرت النتائج وجود مجموع القولونيات في شارع "بلهروي" بمعدل يتراوح 220 - 230 مستعمرة/مل بحي الشطيط والغياب التام للجراثيم أخرى المطلوبة. يصنف الماء من هذه الدراسة كماء

كبريتية كلسية مع وجود نسب عالية من المغنيسيوم و الكلور

كلمات مفتاحية: : مياه الشرب، الجودة الصحية، الجودة الفيزيائية والكيميائية، شبكة التوزيع، الأغواط، تحاليل

Memory title : Evaluation of physico-chemical and microbiological quality of drinking water in two differents localities in the city of Laghouat

Name : Marfoua

First name : Ikram

Directed by : Gacem Mohamed Amine

Abstract : Underground water is an invaluable natural source for drinking water to mankind. The quality of these waters has experienced in recent years a noticeable deterioration. To highlight the influence of the external environment on the hygienic, quality and physico-chemical composition of drinking water, a survey was conducted between the month of February 2016 and the month of April 2016 in the distribution network of two neighbourhoods (Wiam, Shetit) in the city of Laghouat, the tests were carried out from source to consumer. These tests and analysis were carried out in accordance to the latest requirements of the Algerian Republic Official Journal. The physicochemical analysis of the various samples tested point that the drilling process, the stocking in reservoirs, the distribution network and users were all found to be non-conform to the recommendations of the Algerian legislation. Our sample showed calcium and sulfate. In the neighbourhood of Shetit and precisely in the Street "Laroui", the bacteriological test showed the presence of a total coliforms rate ranging from 220 to 230 colonies / ml. In general there was a total absence of other germs sought. Based on the results of these tests this water can be described as calcium sulphate water with a predominance of magnesium and chlorine

Key words: Drinking water, hygienic quality, physico-chemical composition, distribution network, Laghouat, analysis.

Titre du mémoire : Evaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux potables de deux localités différentes de la ville de Laghouat

Nom: Marfoua

Prénom: Ikram

Encadreur: Gacem Mohamed Amine

Résumé : Les eaux souterraines constituent une provision d'eau potable inestimable pour l'humanité. La qualité de ces eaux a connu ces dernières années une grande détérioration. Pour mettre en évidence l'influence du milieu extérieur sur la qualité hygiénique et la qualité physico-chimique des eaux potable, une enquête a été effectuée durant la période du mois Février 2016 jusqu'à le mois d'Avril 2016 dans le réseau de distribution de deux quartiers « Wiam , Shetit) située dans la ville de Laghouat, allant de la source jusqu'au consommateur. Cette dernière a fait l'objet des différentes analyses selon les techniques d'évaluation de qualité de l'eau potable décrites par le journal officiel de la république algérienne. L'analyse physico-chimique des différents points de prélèvements a démontrée que les forages, les réservoirs et les abonnés présentent certains paramètres non conforme aux normes recommandées par la législation Algériennes (calcium et sulfate). De point de vue bactériologique, les résultats obtenus ont démontré la présence des *coliformes totaux* au niveau d'une ruelle « Laroui » avec un taux allant de 220 à 230 colonie/ml au quartier Shetit et une absence totale des autres germes recherchés. L'eau de la présente étude est qualifiée d'une eau sulfatée calcique avec une prédominance du magnésium et du chlore.

Mots clés : eau potable, qualité hygiénique, la qualité physico-chimique, réseau de distribution, Laghouat, analyse