



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

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

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

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة 1
كلية علوم الطبيعة و الحياة

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

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

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Ecologie Fondamentale et Appliquée

Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines brutes dans la wilaya de Constantine.

Présenté et soutenu par :

Bensalah Yasmine

Benzitoune Rym

Le : 25 /07/2021.

Jury d'évaluation:

Présidente du jury: BAZRI Kamel Eddine (MCA - UFM Constantine 1)

Rapporteur: TOUATI Laid (MCA - UFM Constantine 1)

Examinatrice: GANA Mohamed (MCB - UFM Constantine 1)

Année universitaire : 2020- 2021

Remerciements

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

Nous tenons à remercier notre encadreur monsieur **Touati Laid MCA**, pour l'honneur qu'il nous a fait en dirigeant ce travail, pour ses aides, ses conseils, tout au long de l'élaboration de ce modeste travail. Pour le temps qu'il a consacré à nous apporter les outils méthodologiques indispensables à la conduite de cette recherche. Son exigence nous avons grandement stimulé.

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

Nous adressons également notre reconnaissance à Mr **Mohamed Gana**, Maître de Conférence « A » à l'université des Frère Mentouri, pour l'intérêt qu'il a accordé à ce travail en acceptant de l'examiner et de le juger, pour ses conseils et ses recherches et informations qui nous ont grandement aidés dans ce travail.

Nous remercions sincèrement tous les enseignants de département de biologie.

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

Une grande gratitude à nos chers parents qui nous soutenu, encouragé et épaulé tout au long de nos années d'études. Nous leurs témoignons notre affection et remerciements les plus sincères.

Dédicace

*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, ma mère «**Fatima Addou**»*

*A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien
moral et source de joie et de bonheur, que dieu te
garde dans ma vie, à toi mon père «**Abdelmoumene Bensalah**»*

*A mes très chères sœurs :
«**Nadia, sana, et wissame**» Que Dieu gardé pour moi.*

*A mon chère frère «**Houceme**»,
Que Dieu gardé pour moi.*

*A mes très chères tantes, oncles, cousines, cousins
A mes très proches amies : «**Imane ,Manel ,Houda, Raoonek ,Narimane,Rym
et Mayssa** »*

Je leurs souhaite tout le bonheur du monde.

YASMINE

JE DÉDIE CE TRAVAIL :

À MES TRÈS CHERS PARENTS **ABDSALEM** ET **LOUIZA**: AUTANT DE PHRASES AUSSI EXPRESSIVES SOIENT-ELLES NE SAURAIENT MONTRER LE DEGRÉ D'AMOUR ET D'AFFECTION QUE J'ÉPROUVE POUR VOUS. VOUS M'AVEZ COMBLÉ AVEC VOTRE TENDRESSE ET AFFECTION TOUT AU LONG DE MON PARCOURS. VOUS N'AVEZ CESSÉ DE ME SOUTENIR ET DE M'ENCOURAGER DURANT TOUTES LES ANNÉES DE MES ÉTUDES, VOUS ÉTIEZ TOUJOURS PRÉSENTS À MES COTÉS POUR ME CONSOLER QUAND IL FALLAIT. VOS CONSEILS ONT TOUJOURS GUIDÉ MES PAS VERS LA RÉUSSITE. VOTRE PATIENCE SANS FIN, VOTRE COMPRÉHENSION ET VOTRE ENCOURAGEMENT SONT POUR MOI LE SOUTIEN INDISPENSABLE QUE VOUS AVEZ TOUJOURS SU M'APPORTER. JE VOUS DOIS CE QUE JE SUIS AUJOURD'HUI ET CE QUE JE SERAI DEMAIN ET JE FERAI TOUJOURS DE MON MIEUX POUR RESTER VOTRE FIERTÉ ET NE JAMAIS VOUS DÉCEVOIR. PUISSE LE TOUT PUISSANT VOUS DONNE SANTÉ, BONHEUR ET LONGUE VIE AFIN QUE JE PUISSE VOUS COMBLER À MON TOUR.

À MON TRÈS CHER MARI **ISLAM** , LES MOTS ME MANQUENT POUR TE QUALIFIER, JE NE SAURAI JAMAIS TE REMERCIER ASSEZ, TOUT CE QUE J'AURAI À DIRE NE SAURAIT EXPRIMER À FOND TOUS LES SACRIFICES QUE TU AS FAIT POUR MOI, TU ÉTAIS MON SOUTIEN MORAL, LA SOURCE DE MA JOIE ET MON BONHEUR QUOTIDIEN.

À MES TRÈS CHÈRES SOEURS **ROUMEISSA** , **RAZANE**, **RANA LOUDJEINE** : POUR LEUR APPUI ET LEURS ENCOURAGEMENTS, D'AVOIR ÉTÉ PRÉSENTS À MES COTÉ DANS LES MOMENTS LES PLUS DIFFICILE. MERCI D'AVOIR ÉTÉ LA SOURCE DE MON SOURIRE, PUISSE DIEU LE TOUT PUISSANT EXHAUSSER TOUS VOS VŒUX.

À MA MEILLEURE AMIE **MEISSA** : TON AIDE ET TON SOUTIEN EN CE MOMENT SI PARTICULIER DE MA VIE EST UN VÉRITABLE CADEAU. MERCI D'AVOIR ÉTÉ LE RAYON DE SOLEIL DANS LES JOURNÉES LES PLUS TÉNÉBREUSES. MON CŒUR T'EN EST PROFONDÉMENT RECONNAISSANT.

À MES TRÈS CHÈRES AMIES : **YASMINE** ET **MANEL** VOTRE ENCOURAGEMENT ET VOTRE SOUTIEN. MERCI D'ÊTRE TOUJOURS À MES CÔTÉS, PAR VOTRE AMOUR DÉVOUÉ ET VOTRE TENDRESSE, JE PRIE DIEU LE TOUT PUISSANT POUR QU'IL VOUS DONNE BONHEUR ET PROSPÉRITÉ.

À MA GRANDE FAMILLE : MES TANTES, MES ONCLES AINSI QUE MES COUSINS ET COUSINES À MON BINÔME **YASMINE** ET À TOUS CEUX QUI ME SONT CHERS ET QUE J'AI OMIS DE CITER. CETTE HUMBLE DÉDICACE NE SAURAIT EXPRIMER MON GRAND RESPECT ET MA PROFONDE ESTIME.

RYM.

Résumé

Notre travail est une contribution à l'étude et à l'évaluation qualitative et quantitative des propriétés caractéristiques et non-caractéristiques des eaux souterraines brutes dans la wilaya de Constantine à savoir les forages (Boulgnafed, Bounouara) et les sources d'eau de (Fedj El Farha, Zaouïa). L'évaluation porte sur un ensemble de tests expérimentaux, incluant un certain nombre de paramètres physico-chimiques (Température, pH, Conductivité électrique, Dureté, Turbidité, Titre alcalimétrique, calcium, les sulfates, les nitrites et les nitrates....) et un contrôle bactériologique afin de rechercher des agents pathogènes (bactéries totales, coliformes totaux, coliformes fécaux, streptocoques fécaux et les *Clostridium* sulfito-réducteurs), au niveau du Laboratoire du SEACO, situé à Ain Smara.. Les résultats obtenus montrent que les caractéristiques de l'eau pour quatre paramètres se trouvent en excès (Nitrates, Nitrites, Sulfates et la dureté) par rapport aux normes algériennes de l'eau potable. Cependant, les analyses bactériologiques ont révélé une contamination fécale des eaux. Cette contamination constitue sans doute un danger non négligeable à la santé des populations consommatrices de ces ressources en eau.

Mots clés : Paramètres physico-chimiques, contrôle bactériologique, forage, contamination, SEACO.

Abstract

Our work is a contribution to the study and qualitative and quantitative assessment of the characteristic and non-characteristic properties of the raw groundwater in the province of Constantine, namely the boreholes (Boulgnafed, Bounouara) and the water sources of (Fedj El Farha, Zaouia). The evaluation covers a set of experimental tests, including a number of physico-chemical parameters (Temperature, pH, Electrical conductivity, Hardness, Calcium, Sulphates, nitrites, nitrates ...) and bacteriological control to search for pathogens (total bacteria, total coliforms, faecal coliforms, faecal streptococci and *Clostridium* sulfite-reducers), at the Laboratory of SEACO in Ain Smara. The results obtained show that the water characteristics for four parameters are in excess (Nitrates, Nitrites, Sulfates and hardness) compared to Algerian drinking water standards. However, bacteriological analyses revealed fecal contamination of the water. This contamination is undoubtedly a significant threat to the health of populations consuming these water resources.

Key-words: Physico-chemical parameters, bacteriological control, drilling, contamination, SEACO.

ملخص

عملنا هو المساهمة في الدراسة والتقييم النوعي والكمي للخصائص المميزة وغير المميزة للمياه الجوفية الخام في ولاية قسنطينة وهي الآبار (بولغنافد ، بونوارة) ومصادر مياه (فج الفرحة ، زاوية). يتعلق التقييم بمجموعة من التجريبية ، بما في ذلك عدد معين من المعلمات الفيزيائية والكيميائية (درجة الحرارة ، ودرجة الحموضة الاختبارات الكهربائي ، والصلابة ، و العكارة ، والقوة القلوية ، والكبريتات ، والنترت و النترات) والتحكم ، والتوصيل عن مسببات الأمراض (الإجمالي. البكتيريا ، القولونيات الكلية ، القولونيات البرازية ، البكتيري من أجل البحث المقلصة للكبريتيت) بمختبر شركة مياه الجزائرية بقسنطينة الكائن في عين السمارة. العقديات البرازية والمطثيات لأربعة عوامل موجودة بشكل زائد (النترات ، النترت ، الكبريتات). والصلابة أظهرت النتائج أن خصائص الماء مقارنة بالمعايير الجزائرية لمياه الشرب. ومع ذلك ، كشفت التحليلات البكتريولوجية عن تلوث المياه البرازي . هذا التلوث يشكل بلا شك خطرا كبيرا على صحة السكان الذين يستهلكون هذه الموارد المائية.

الكلمات المفتاحية : المعلمات الفيزيائية والكيميائية ، المكافحة البكتريولوجية ، الحفر ، التلوث ، شركة مياه الجزائرية بقسنطينة.

Table des matières

Remerciements

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction..... 1

Chapitre I Généralités sur l'eau

I.1. Introduction.....	3
I.2. Propriétés de l'eau.....	3
I.2.1. Propriétés chimiques de l'eau.....	3
I.2.2. Propriétés biologiques de l'eau.....	3
I.3. Ressources hydriques naturelles.....	4
I.3.1. Eaux souterraine.....	4
I.3.1.1. Types d'eaux souterraines.....	4
I.3.2. Eaux de surface.....	6
I.3.3. Eaux douces.....	9
I.3.4. Eaux dures.....	9
I.3.5. Eaux de Marais.....	9
I.3.6. Eaux de mers et océans.....	9
I.3.7. Eau brute.....	9
I.3.8. Eau potable.....	9
I.3.8.1. Caractéristiques d'une eau potable.....	10
I.3.8.2. Paramètres organoleptiques.....	10

I.3.8.2.1. Couleur.....	10
I.3.8.2 .2. Odeur.....	11
I.3.8.2.3. Goût et saveur.....	11
I.3.9. Les différents usages de l'eau.....	11
I.4. La pollution de l'eau.....	12
I.4.1. Définition.....	12
I.4.2. La pollution des Eaux souterraines et superficielles.....	13
I.4.3. Les Origines des pollutions.....	13
I.4.3.1. Principales origines de la pollution des eaux souterraines.....	14
I.4.4. Types de pollution.....	14
I.4.4.1. Pollution organique.....	14
I.4.4.2. Pollution physique.....	14
I.4.4.3. Pollution chimique.....	15
I.4.4.4. La pollution microbienne.....	15
I.4.4.5. La pollution virale.....	15
I.4.5. Les principaux polluants des eaux naturelles.....	16
I.4.5.1. Polluants physiques.....	16
I.4.5.2. Polluants chimiques.....	16
I.4.5.3. Polluants microbiologiques.....	18
I.4.5.5. Les polluants biologiques.....	18
I.4.6. Conséquences de la pollution.....	18
I.4.7. Les conséquences écologiques.....	19
I.5. Les maladies hydriques.....	19
I.5.1. Définition.....	19
I.5.2. Evolution des maladies à transmission hydrique en Algérie.....	23
I.6. Normes de la qualité de l'eau.....	23
I.6.1. Normes Algérienne.....	23
I.6.2. Normes selon l’OMS.....	24
I.7. Les paramètres physico-chimiques.....	24
I.7.1. Qualité physique.....	24
I.7.1.1. Température.....	24

I.7.1.2. Potentiel hydrogène.....	24
I.7.1.3 .Conductivité électrique.....	24
I.7.1.4 .Turbidité.....	25
I.7.1.5. L'oxygène dissous.....	25
I.7.1.6. Salinité.....	25
I.7.1.7 Matière en suspension (MES).....	26
I.7.1.8. Résidu Sec (RS).....	26
I.7.2. Qualité chimique.....	26
I.7.2.1. Chlorures (Cl ⁻).....	26
I.7.2.2. Dureté totale (TH).....	26
I.7.2.3. Titre alcalimétrique (TA).....	27
I.7.2.4. Titre alcalimétrique complet (TAC).....	27
I.7.2.5. Magnésium (Mg ²⁺)	27
I.7.2.6. Calcium (Ca ²⁺)	27
I.7.2.7 .Demande biochimique en oxygène (DBO ₅).....	27
I.7.2.8 .Nitrites (NO ⁻²)	28
I.7.2.9. Nitrates (NO ₃ ⁻).....	28
I.7.2.10. L'azote.....	28
I.7.2.11. Le phosphore.....	28
I.7.2.12. Fer (Fe ⁺²).....	29
I.7.3. Paramètres toxiques et indésirables.....	29
I.7.3.1. Plomb Pb.....	29
I.7.3.2. Cadmium Cd.....	29
I.7.3.3. Manganèse Mn	29
I.8. les paramètres bactériologiques.....	30
I.9. Traitement de potabilisation	32
I.9.1. La chloration	32
I.9.2. Les systèmes de chloration	33
I.9.3. L'intérêt de l'utilisation de chlore	33
Chapitre II Matériel et méthodes	
II.1. Présentation de l'établissement d'accueil (SEACO).....	34

II.1.1. Création de la SEACO.....	34
II.1.2. Lieu et durée du stage.....	34
II.2. Contexte géographique et géologique de la zone d'étude.....	35
II .2.1. Présentation des la zone d'étude	35
II .2.1.1. Situation géographique et administrative	35
II.2. 1.2. Topographie	35
II.2.1.3. Réseau hydrographique	37
II .2.2. Climat	37
II.2.3. Géologie	37
II.2.4. Le sol	39
II.3. La localisation et les caractéristiques des les zones d'études.....	39
II.3.1. Source Zaouia.....	41
II.3.2. Station de pompage Boulegnafed.....	42
II.3.3.Forage Bounouara	44
II.3 .4. Source Fedj El Farha	45
II.4. Travail sur terrain	46
II.5.Echantillonnage	46
II.5.1. Choix des sites de prélèvement	46
II.5.2. Calendrier de prélèvement	46
II.5.3. Techniques de prélèvement bactériologique.....	47
II.5.3.1. matériel de prélèvement	47
II.5.3.2 .Transport et conservation des échantillons.....	47
II.6. Analyse en laboratoire	47
II.6.1. Analyse Physico-chimique	47
II.6.1.1.Analyse complète.....	47
II.6.1.1.1.partie électrochimique	47
II.6.1.1.2.partie volumétrique.....	48

II.6.1.1.3. Partie spectrophotométrique	51
II.6.2. Analyse bactériologique	55
II.6.2.1. Analyse complète	55
II.6.2.1.1. Recherche des coliformes	55
II.6.2.1.2. Recherche des streptocoques	56
II.6.2.1.3. Recherche et dénombrement des <i>Clostridium</i> -sulfito réducteur	56
II.6.2.2. Analyse partielle	57

Chapitre III Résultats et discussion

III.1. Analyse physico-chimique	58
III.1.1. Analyse partielle.....	58
III.1.1 .1. pH	58
III 1.1.2. Turbidité	59
III.1.1.3. Température	60
III.1.1.4. Conductivité électrique	61
III.1.2. Analyse complète.....	61
III.1.2.1. Nitrite	61
III.1 .2 .2. Nitrate	62
III.1.2.3. Dureté totale (TH)	63
III.1.2.4. Les sulfate	64
III.1.2.5. Calcium.....	65
III.1.2.6. Les chlorures.....	66
III.2. Résultats d'analyses bactériologiques	67
III.2.1. Coliformes totaux	68

III.2.2. Coliformes fécaux.....	69
III. 2.3. Streptocoques Fécaux.....	70
III .2.4 . <i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs.....	71
Conclusion	74
Références bibliographiques	76
Annexes	

Liste des abréviations

°C : degrés Celsius

AEP : Alimentation en Eau Potable.

ASR : Anaérobies Sulfito-Réducteurs.

BEA : Bile Esculine et Azoture de sodium.

Ca²⁺: Calcium

Cl⁻ : Chlorures

CO₂ : Dioxyde de carbone

CT : Coliformes totaux.

DBO₅ : Demande Biologique en Oxygène en cinq jours

DCO : Demande Chimique en Oxygène

E. coli: Escherichia coli

EB : Eau de boisson

EC : Escherichia coli.

EPE : Entreprise Publique de L'eau.

ERU : Eau Résiduelle Urbaine.

Fe²⁺ : Les ions ferreux

g/cm³ : Gramme par centimètre cube

G: Le gramme

Glu : Glucose.

H⁺ : Le cation hydrogène

HCO₃⁻ : Bicarbonate

JORA : journal officiel de la république algérienne

K: Potassium

Kg : Kilogramme

kJ/mol : Joule par mole

L : litre

MES : Les matières en suspension

MES : Matières En Suspensions

mg/l : Milligramme par litre

Mn²⁺: Manganèse

MO : Matières organiques

MTH : Maladie à transmission hydrique

NA : Normes Algériennes

Na⁺: Sodium NH⁴⁺: Ammonium

NH⁴⁺: Ammonium

NO₂⁻: Nitrite

NO₃⁻: Nitrate

NTU: Unité Néphélométrique

O157:H7 : Le code correspond à l'identification de phénotype particulier de protéines de surface de la bactérie.

O₂: Oxygène

OH : hydroxyle

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

ONU : organisation des nations unis

pH : potentiel Hydrogène

PO₄⁻³: Phosphate

RS : Résidu Sec

s/cm : Siemens par centimètre

S/m : Siemens par mètre

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

SF : Streptocoques fécaux.

SM : Solution Mère.

SO₂⁻⁴ : Les sulfates

SO₄: sulfates

SP : Station de Pompage.

SPC: sous-produits de chloration

SRAS : Severe acute respiratory syndrome coronavirus

TA : Titre Alcalimétrique

TAC : Titre alcalimétrique complet

TC : Temps de Contacte.

TH: Titre Hydrométrique

THM: trihalométhanes

Turb EB: turbidité de l'eau brute

UE : l'Union Européenne

UFC : Unité Formant Colonie

VF : Viande Foie.

VHA : Virus de l'hépatite A.

VHE : Virus de l'hépatite E.

μS/cm: Micro Siemens par centimètre

Ω. m : Ohm-mètre = unité de mesure de la résistivité

Liste des figures	
Figure 1. Images satellitaires du chef-lieu du siège de la SEACO Ain Smara...	34
Figure 2. Situation géographique et administrative de la Wilaya de Constantine	35
Figure 3. Carte du relief de la wilaya de Constantine.....	36
Figure 4. Schéma structural simplifié de la carte géologique de Constantine...	38
Figure 5. Image satellitaire de localisation des sites de prélèvements dans la wilaya de Constantine	40
Figure 6. Image satellitaire de la station Zaouïa	41
Figure 7. Schéma synoptique de la source Zaouia	42
Figure 8. Image satellitaire de la station pompage Boulegnafed.....	43
Figure 9. Schéma fonctionnement de la station de pompage Boulegnafed...	43
Figure 10. Image satellitaire du forage Bounouara.....	44
Figure 11. Schéma et plan de fonctionnement	45
Figure 12. Image Satellitaire de la source Fedj El Farha.....	45
Figure 13. L'ensemble des étapes du titrage de la dureté	49
Figure 14. Représentatif de titrage de chlorure	50
Figure 15. Montre l'ensemble des étapes du titrage de titre alcalimétrique complète	51
Figure 16. Appareil spectrophotomètre DR 5000 UV.	52
Figure 17. Montre le Kit du réactif spécifique aux ions Aluminium par la méthode (LCK 301).....	53
Figure 18. Kit de réactif spécifique aux ions nitrates.....	54
Figure19. Kit de réactif spécifique aux ions nitrites (LCK 541).....	54
Figure 20. La variation du pH des eaux étudiées	59
Figure 21. La variation de la turbidité des eaux étudiées	60
Figure 22. Variations de la température des eaux étudiées	60
Figure 23. variation de conductivité des eaux étudiés	61
Figure 24. Variation de nitrites des eaux étudiées	62
Figure25: Variation des teneurs en nitrates dans les eaux étudiées	63

Figure 26. La variation de la dureté dans les sites eaux étudiés.....	64
Figure 27. La variation des sulfates dans les sites eaux étudiées.....	65
Figure 28. La variation des teneurs en calcium des eaux étudiés	66
Figure 29. Variation des teneurs en chlorures des eaux étudiées	67
Figure 30. Variation du nombre de coliformes totaux (n germes /100 ml) dans les eaux étudiées	68
Figure 31 . Variation du nombre de coliformes fécaux en E.coli/100 ml dans les eaux étudiées.....	69
Figure 32. variation du nombre se streptocoques fécaux dans les eaux étudiées.	70
Figure 33 . variation du nombre Clostridium-Sulfito –réducteurs dans les eaux étudiées.....	71

Liste des tableaux	
Tableau 1. Principales différences entre les eaux de surface et les eaux souterraines.....	8
Tableau 2. Les bactéries pathogènes responsables des maladies d'origine hydrique	21-22
Tableau 3. Les virus à l'origine des maladies hydriques ...	22-23
Tableau 4. Classes de turbidités usuelles (NTU, Néphélogétrie Turbidity Unity)	25
Tableau 5. Relation entre dureté de l'eau et concentration équivalente en CaCO ₃	26
Tableau 6. La localisation de la source Zaouia.....	41
Tableau 7. Les caractéristiques de la source Zaouia.....	42
Tableau 8. La localisation de forage Boulegnafed.....	42
Tableau 9. Les caractéristiques de la station de pompage Boulegnafed.....	43
Tableau 10. La localisation de forage Bounouara.....	44
Tableau 11. les caractéristiques de forage Bounouara.....	44
Tableau 12. La localisation de la source Fedj El Farha	45
Tableau 13. Les caractéristiques de la source Fedj El Farha	46
Tableaux 14. Calendrier de prélèvement.....	47
Tableau 15. Valeurs mesurées des différents paramètres physico-chimiques des eaux souterraines brutes de différentes sites étudiées.....	58
Tableau 16. Valeurs mesurées des différents paramètres bactériologiques des sites étudiés.	67

Introduction

L'eau est une ressource renouvelable car elle participe au recyclage. Évaporation l'énergie solaire, les précipitations, le ruissellement de surface et souterrain sont les étapes du cycle. Le problème de l'eau est un problème de quantité et de qualité, qui est ce sont les ressources et la pollution. Ainsi, l'eau peut contenir une multitude de composants chimiques d'origine naturelle ou anthropique. Donc, une eau destinée à la consommation humaine est potable lorsqu'elle est exempte d'éléments chimiques (substances toxiques, matières minérales et organiques en excès) et biologiques (germes pathogènes) susceptibles de provoquer des maladies à transmission hydrique, à plus ou moins long terme (**John & Donald, 2010**).

Cependant, ces ressources qui sont sous la dépendance d'un ensemble de facteurs naturels et anthropiques subissent des contraintes quotidiennes, qui entraînent une détérioration de leur qualité hygiénique. Le mécanisme de cette pollution des eaux souterraines est souvent un processus évolutif dans l'espace et dans le temps et il est difficilement maîtrisable (**Myrand, 2008**). Les eaux souterraines représentent environ 97 % du total des eaux douces continentales liquides (**Bosca, 2002**).

Plus de 75 à 90% de la population mondiale utilisent une eau d'origine souterraine. Dans notre pays, elles constituent une part importante du patrimoine hydraulique et sont traditionnellement les ressources en eau privilégiées pour l'eau potable du fait de son exploitation relativement facile et qu'elles sont à l'abri des polluants que les eaux de surface (**Merzoug & al. 2010**).

D'autre part, certaines régions Algérienne se révèlent incapables de fournir en quantité suffisante de l'eau potable et des équipements d'hygiène et ainsi, l'eau est menacée dans sa qualité et sa quantité. La population en réaction à la pénurie d'eau a eu recours à l'utilisation des puits et des sources dont la qualité est préoccupante (**Myrand, 2008**).

Toutefois, même si l'eau est claire, elle n'est pas pour autant sûre à consommer, Il est important et primordial d'évaluer sa potabilité en prenant en compte les trois types de paramètres tant aux plans : microbiologique, chimique et organoleptique. La chloration

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

Le traitement d'une eau souterraine contaminée peut s'avérer long et coûteux, voire impossible dans certains cas. C'est pourquoi il est impérieux de la protéger adéquatement afin de minimiser les risques de contamination qui la menacent (**Myrand, 2008**).

Dans la Wilaya de Constantine, objet de notre étude, les eaux souterraines ont toujours été une source incontournable d'approvisionnement en eau potable. Vue cette importance majeure, le présent travail s'intéresse à l'étude et à l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de certains forages et sources, situés dans certaines régions de Constantine, Est de l'Algérie. Afin, aussi de mesurer les risques sanitaires auxquels sont exposées les personnes qui les utilisent pour leurs besoins. Nous avons structuré notre démarche en trois parties interdépendantes :

- Après l'introduction, une première partie théorique consacrée d'une part aux généralités sur l'eau et leurs caractéristiques selon l'OMS et les normes Algériennes et d'autre part à la pollution de l'eau, les risques qui leur sont liés et son traitement.
- Une deuxième partie réservée à la présentation de la zone d'étude, du matériel et des méthodes analytiques mises en œuvre dans ce travail.
- Une troisième partie porte sur la discussion des résultats obtenus ainsi que leur interprétation et leur discussion, suivie par une conclusion générale et des perspectives.

Chapitre I

Généralités sur l'eau

I.1 .Introduction

Indispensable à la vie, catalyseur de nombreuses réactions chimiques, l'eau est également le principal agent d'érosion et sédimentation et donc un facteur déterminant de la formation des paysages. Le caractère banal de l'eau qui nous environne, fait parfois oublier que ce liquide qui nous est si familier s'avère en réalité par ses propriétés si particulières à la fois le fluide le plus indispensable à la vie et celui dont la complexité est la plus remarquable **(Boeglin, 2001)** .

I.2. Propriétés de l'eau

Sur la terre, l'eau existe dans les trois états phases : liquide (eau proprement dite), solide (glace) gazeux (vapeur d'eau). Ces trois phases coexistent dans la nature, toujours observables deux à deux, et plus ou moins en équilibre : eau- glace, eau- vapeur, glace vapeur selon les conditions de température et de pression **(Algéo, 1997)**.

I.2.1. Propriétés chimiques de l'eau

L'énergie de formation de la molécule d'eau, 242 kJ/mol, est élevée. Il s'ensuit que l'eau possède une grande stabilité. Cette stabilité, associée aux propriétés électriques et à la constitution moléculaire de l'eau, la rend particulièrement apte à la mise en solution de nombreux corps gazeux, liquides polaires, et surtout solide. La plupart des substances minérales peuvent se dissoudre dans l'eau, ainsi qu'un grand nombre de gaz et de produits organiques.

La solvation (ou action hydratante de l'eau) est le résultat d'une destruction complète ou partielle des divers liens électrostatiques entre les atomes et les molécules du corps à dissoudre, pour les remplacer par de nouveaux liens avec les molécules d'eau, et forger ainsi des nouvelles structures : il se produit une véritable réaction chimique (une solvation complète est une dissolution) **(Boeglin, 2001)**.

I.2.2. Propriétés biologiques de l'eau

L'eau, l'oxygène et le dioxyde de carbone contribuent à créer des conditions favorables au développement des êtres vivants **(Dajoz, 1982)**. Il existe un cycle biologique, cycle au cours duquel s'effectue une série d'échanges; l'eau entre pour une grande part dans la constitution des êtres vivants.

I.3. Ressources hydriques naturelles

Les réserves disponibles d'eaux naturelles sont constituées des eaux souterraines (Infiltration, nappe), des eaux de surface retenues ou en écoulement (barrages, lacs ,rivières) et des eaux de mer.

I.3.1. Eaux souterraine

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

Elles proviennent de l'infiltration lente d'environ 20 % des eaux de précipitation, à travers le sol, jusqu'aux couches imperméables où elles s'accumulent en nappes plus ou moins importante et profondes. La pénétration et la rétention de ces eaux dans le sol dépendent des caractéristiques des terrains en cause et notamment de leurs structures. L'eau souterraine est d'une composition plus stable que celle des eaux de surface sa composition chimique est déterminée par la nature géologique du terrain, Puisque l'eau est en contact continu avec le sol dans lequel elle stagne ou circule (OMS, 2000).

I.3.1.1. Types d'Eaux Souterraines

A. Les nappes

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

- Nappe phréatique
- La nappe phréatique est une nappe d'eau que l'on rencontre à faible profondeur.
- Elle alimente traditionnellement les puits et les sources en eau potable. C'est la nappe la plus exposée à la pollution en provenance de la surface (Rodier et al. 2009).
- Les nappes d'eaux souterraines peuvent être de deux types selon qu'elles circulent sous une couche perméable ou non.

Les nappes situées sous un sol perméable sont dites libres. Au-dessus de la nappe en effet, les pores du terrain perméable ne sont que partiellement remplis d'eau, le sol n'est pas saturé, et les eaux de pluie peuvent toujours l'imprégner davantage. Aussi, le niveau de la nappe peut-il monter ou baisser à son aise. De telles nappes peuvent donc contenir des volumes d'eau variables (**Castany, 2008**).

- **Nappe captive**

Ce type de nappe est compris entre deux couches géologiques imperméables qui confinent l'eau sous pression. Celle-ci peut jaillir dans des forages dits artésiens. Les nappes captives sont souvent profondes de quelques centaines de mètres voire plus. Elles se renouvellent plus lentement. Leur alimentation provient pour partie de la zone affleurant de l'aquifère et elles bénéficient d'une protection naturelle, représentée par la formation géologique imperméable sus-jacente. Elles sont de ce fait peu vulnérables aux pollutions de surface (**Castany, 2008**).

- **Nappe semi captive**

Le toit ou le substratum (ou de les deux) de la nappe sont souvent constitués par une formation hydrogéologique semi-perméable. Celle-ci permet, dans certaine condition hydrodynamiques favorables (différence de charge) des échanges d'eau (ou de pression) avec la nappe superposée ou sous jacent appelé drainante. Ce phénomène implique une nappe semi captive (**Castany, 2008**).

B. Les sources

Les sources présentent généralement les qualités de l'eau souterraine, tout en permettant une exploitation aisée. Leur présence est étroitement liée à la géologie du terrain. (**Debabza, 2005**). Des eaux adaptées à la consommation humaine, microbiologiquement saines et protégées contre les risques de pollution. Les eaux des sources comme les eaux minérales proviennent d'une nappe ou d'un gisement souterrain, exploité à partir d'une ou plusieurs émergences naturelles ou forées, à proximité des quelles l'eau est conditionnée. Elles ne peuvent faire des l'objet d'un traitement ou adjonction autre que :

- La séparation des éléments instable et la sédimentation des matières en suspension par la décantation ou filtration.
- L'incorporation de gaz carbonique ou la dénazification (**Ouali, 2001**).

C. Forage

Le forage est une technique ou opération permettant le creusement de trous généralement verticaux. L'eau du forage est purifiée par un long parcours à travers le sol, les possibilités de pollution sont donc réduites, et surtout si l'extraction de l'eau se fait au moyen de pompe. Raison pour laquelle l'eau de forage est en général la meilleure pour la consommation humaine. (Collin, 2004).

D. Puits

On appelle puits de surface un puits qui s'approvisionne directement dans la nappe phréatique. Le pompage dans un puits de surface a pour effet de former autour du puits un cône de dépression. Un excès de pompage abaissera le niveau phréatique et pourra contribuer à assécher d'autres puits avoisinants. L'eau peut être remontée au niveau du sol soit de façon très simple grâce à un récipient (Seau par exemple) soit plus facilement grâce à une pompe, manuelle ou motorisée (Collin, 2004).

Sont des eaux adaptées à la consommation humaine, microbiologiquement saines et protégées contre les risques de pollution. Les eaux des sources comme les eaux minérales proviennent d'une nappe ou d'un gisement souterrain, exploité à partir d'une ou plusieurs émergences naturelles ou forées, à proximité des quelles l'eau est conditionnée.

Elles ne peuvent faire des l'objet d'un traitement ou adjonction autre que :

- La séparation des éléments instable et la sédimentation des matières en suspension par la décantation ou filtration.
- L'incorporation de gaz carbonique ou la dénazification (Ouali, 2001).

I.3.2. Eaux de Surface

Ce type des eaux englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents (rivières, lacs, étangs, barrages,...). La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par ces eaux durant leurs parcours dans l'ensemble des bassins versants.

Ces eaux sont le siège, dans la plupart des cas, d'un développement d'une vie microbienne à cause des déchets rejetés dedans et de l'importante surface de contact avec le milieu extérieur. C'est à cause de ça que ces eaux sont rarement potables sans aucun traitement (**Boeglin, 2001**).

Par opposition aux eaux souterraines, l'eau de surface est l'eau qui se trouve à la surface ou proche de la surface du sol. Dans une zone donnée, il s'agit pour l'essentiel des cours d'eau, des océans, des lacs et des eaux de ruissellement qui s'y trouvent. Sa température varie en fonction du climat et des saisons.

Ces matières en suspension sont variables selon la pluviométrie, la nature et le relief des terres à son voisinage. Sa composition en sels minéraux est variable en fonction du terrain, de la pluviométrie et des rejets. Une eau de surface est ordinairement riche en oxygène et pauvre en dioxyde de carbone (**Degremont, 2005**).

Tableau 1. Principales différences entre les eaux de surface et les eaux souterraines (Degremont, 2005).

Caractéristique	Eaux de surface	Eaux souterraines
Température	Variable suivant saisons	Relativement constante
Turbidité	Variable, parfois élevée	Faible ou nulle (sauf en terrain karstique)
Couleur	Liée surtout aux MES sauf dans les eaux très douces et acides (acides humiques)	Liée surtout aux matières en solution (acides humique...)
Minéralisation global	Variable en fonction des terrains, des précipitations, des rejets...	Sensiblement constante en général nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région
Fer et manganèse dissous	Généralement absents	Généralement présents
Nitrates	Peu abondants en général	Teneur parfois élevée
Micropolluants minéraux et organique	Présents dans les eaux de pays développés, mais susceptibles de disparaître rapidement après suppression de la source	Généralement absents mais une pollution accident elle subsiste beaucoup plus longtemps
Eléments vivants	Bactéries, virus	Ferrobactéries fréquentes

I.3.3. Eaux douces

On parle d'eau douce par opposition aux eaux salées et aux eaux dures.

I.3.4. Eaux dures

Une eau dure incruste à froid ou à chaud les récipients qui la contiennent. La dureté est engendrée par la présence des ions calcium ; magnésium, et un à degré moindre le fer et l'aluminium (**Degremont, 2005**).

I.3.5. Eaux de marais

Les eaux de « marais » ou « tourbier » sont des eaux douces caractérisées par un faible valeur de pH, due à la présence d'acides organiques et qui les rend très corrosives. On les appelle parfois « eaux rouges » en raison de la présence des particules à base d'oxyde de fer en suspension (**Degremont, 2005**).

I.3.6. Eaux de mers et océans

Les mers et les océans constituent des énormes réservoirs d'eau, elles représentent près de 97.4% du volume d'eau existant actuellement sur notre planète, le reste est la part des eaux continentales (eaux souterraine et superficielles). Les eaux de mers sont caractérisées par une grande salinité, elles sont dénommées aussi « eaux saumâtres », ce qui rend leur utilisation difficile, notamment leur coût très élevé pour leur traitement (**Boeglin, 2001**).

I.3.7. Eau brute

L'eau brute est, par principe, d'intérêt général. L'article L. 210-1 du code de l'environnement indique que l'eau fait partie du patrimoine commun de la nation. La notion de patrimoine commun vise à renforcer de façon substantielle la légitimité de l'état à intervenir pour défendre l'intérêt général et s'opposer aux intérêts particuliers. C'est-à-dire qu'une source d'approvisionnement en eau appartient à la commune ou à la collectivité locale qui a la responsabilité de s'assurer que sa population est en permanence approvisionnée en quantité suffisante d'une eau répondant à des normes strictes de qualité (**Degremont, 2005**).

I.3.8. Eau Potable

L'organisation mondiale de la santé (OMS), définit l'eau potable comme étant celle dont la consommation est sans danger pour la santé. Pour que l'eau soit qualifiée de potable, elle

doit satisfaire à des normes relatives aux paramètres organoleptiques (couleur, turbidité, odeur, saveur), physico-chimiques (température, pH, etc), microbiologiques (coliformes fécaux et totaux, streptocoques fécaux, etc) .Et à des substances indésirables et toxiques (Nitrates, nitrites, arsenic, plomb, hydrocarbures, etc.). Ces normes établies, par l'OMS, l'union européenne (UE), ou par chaque pays, fixent les teneurs limites, à ne pas dépasser pour les paramètres préalablement cités. Le fait qu'une eau soit conforme aux normes, ne signifie pas qu'elle soit exempte de matières polluantes, Mais que leur concentration est suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur (**Nguengar, 2011**).

L'eau potable est une eau que l'on peut boire ou utiliser à des fins domestiques et industrielles sans risque pour la santé. Elle peut être distribuée sous forme d'eau en bouteille (eau minérale ou eau de source, eau plate ou eau gazeuse), d'eau courante (eau du robinet) ou encore dans des citernes pour un usage industrie. La notion de potabilité est liée directement à l'alimentation humaine. Une eau naturelle est dite potable si elle présente les qualités suivantes :

- fraîcheur et limpidité
- absence d'odeur et de couleur
- goût agréable
- suffisamment douce, aérée
- minéralisation raisonnable
- absence de matières organiques et de germes pathogènes (**Degremont, 2005**).

I.3.8.1. Caractéristiques d'une eau potable

I.3.8.2. Paramètres organoleptiques

Les facteurs organoleptiques (couleur, saveur, turbidité et odeur) constituent souvent les facteurs d'alerte pour une pollution sans présenter à coup sûr un risque pour la santé (**Genoudet, 2001**).

1.1. Couleur

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules

substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration.

Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité (**Rodier, 2005**). Elle représentera un indicateur de pollution si elle dépasse l'équivalent de 15 mg/1 platine cobalt (**Lefèvre, 1991**).

1.2. Odeur

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

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

1.3. Goût et saveur

Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque la boisson est dans la bouche. La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs (**Rodier, 2005**).

I.3.9. Les différents usages de l'eau

L'eau est une substance indispensable à tous les êtres vivants : hommes, animaux et plantes. Elle est également nécessaire à toutes les activités développées par l'homme. On peut ainsi distinguer différents usages de l'eau :

1. Les usages domestiques

Il comprend les prélèvements d'eau de consommation personnelle, ceux des établissements commerciaux, services publics et autres usages municipaux. Il peut inclure des données de prélèvements d'usines raccordées au système d'égout (**Grosconde, 1999**).

2. Les usages agricoles

L'agriculture est la principale consommatrice d'eau. Les prélèvements incluent l'irrigation et l'élevage du bétail, ces prélèvements sont peu importants dans les pays tempérés (13 % du total en France) (**Renald, 2003**).

3 .Les usages industriels

Usage industriel est consommatrice d'eau, ses prélèvements concernent les usines non raccordées au système d'égout municipal. Elle peut être utilisée dans l'entretien (lavage, nettoyage), dans le transport hydraulique, dans les fluides du système de refroidissement utilisé par des usines (**Julien, 2007**).

4. Les usages énergétiques

Les usages liés aux loisirs (la voile, le ski nautique, la plongée, la baignade, le canoë-kayak et la pêche, les piscines et stades nautiques, les bains d'eau chaude naturelle, les stations de ski en hiver et les patinoires).

5. Les usages liés à la santé

Il s'agit des cures thermales, de la thalassothérapie (**Julien, 2007**).

I.4. La pollution de l'eau

I.4.1. Définition

La pollution de l'eau est due à sa contamination par des corps étrangers tels que des microorganismes, des produits chimiques, des déchets industriels ou autres. Ces substances et corps étrangers dégradent la qualité de l'eau et la rendent impropre aux usages souhaités (**Ramade, 1984**).

La pollution des eaux peut être définie comme une dégradation de celle-ci par les éléments qu'elle a accumulée de son utilisation. Ces éléments indésirables proviennent des excréments chimiques, des rejets provenant d'industries divers, du lessivage des terrains traversées. (**Boeglin, 2001**).

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 agricole, 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).

I.4.2 .La pollution des Eaux souterraines et superficielles

La pollution des eaux superficielles est très perceptible, attire de suite l'attention sur les dangers et les mesures à prendre pour la combattre. Par contre la pollution des eaux souterraines est moins apparente, de telle sorte que la tendance générale est de la négliger. Mais elle n'en est pas moins dangereuse, car elle atteint les ressources les plus précieuses par leur qualité et la nature de leurs réserves (Schoeller, 1975). La pollution des eaux souterraines est le risque permanent de l'élimination de la ressource en eau dans un proche avenir (Castany, 1982). La pollution des eaux souterraines entraîne le risque permanent de limitation de cette ressource dans le proche avenir. Elle peut être observée au niveau des nappes ou des sources d'eaux par l'infiltration d'eaux usées. (Hélène, 2000).

I.4.3. Les origines des pollutions

Il nous reste à faire un classement large des causes des pollutions. Tout d'abord il y a lieu de considérer séparément les pollutions biologiques, les pollutions chimiques et les pollutions radioactives, car chacun de ces groupes requiert un traitement particulier. Les origines peuvent être ainsi classées :

1. Habitats humains: pollution essentiellement biologique — excréments, fosses d'aisance, puits perdus, décharge des villes, puits, etc. — conduites d'eau d'égout, eaux résiduaires, bassins de purification.
2. Fermes: pollution essentiellement biologique — habitats, animaux, fumier, fosse à purin etc., puits etc.
3. Cultures: pollution biologique, par épandage de fumier, de gadoues, par irrigation d'eau d'égouts; pollution chimique, par épandage d'engrais minéraux (Schoeller, 1975) - chlorures et sulfate et nitrate de potassium, sels ammoniacaux, nitrate, phosphates etc.; par irrigation amenant une augmentation de la salure par évapotranspiration, salure qui se transmet aux nappes par infiltration; par traitements antiparasitaires, pesticides etc.
4. Eaux de rivières, canaux de navigation, canaux d'adduction, lacs, barrages, recharges artificielles.

5. Eau de mer.

Industrie: Les pollutions chimiques et biologiques vont souvent de pair mais on peut mettre à part les usines atomiques. Industries des produits pétroliers - forages, raffineries, réservoirs, oléoductes, réservoirs souterrains, postes de pompes à essence etc.; déchets des mines, par exemple de sels de sodium ou de potassium arrivant à saler danger seulement les nappes superficielles, terrils, exhauve etc. industries métalliques; industries chimiques; papeterie; sucrerie; distillerie; laiterie; teinturerie; lavage de laine etc.; usines atomiques à déchets liquides et déchets solides (Schoeller, 1975).

I.4.3.1. Principales origines de la pollution des eaux souterraines

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.4.4 .Types de pollution

I.4.4.1.Pollution organique

La pollution organique est la plus répandue, elle est engendrée par le déversement des eaux usées domestiques ou des eaux résiduaires provenant de diverses industries agroalimentaires, abattoirs, laiteries, fromageries, sucreries, industries, bois et papeteries. (Liu et al, 1997).

I.4.4.2 Pollution physique

• Pollution thermique

Cette pollution est due à l'élévation de la température de l'eau. L'eau se chauffe, le taux de l'oxygène diminue ; par conséquent une asphyxie s'installe chez les organismes aquatiques.

- **Pollution radioactive**

La radioactivité libérée dans l'eau peut provenir d'une radioactivité naturelle (certaines eaux d'origine profonde) ou d'une contamination liée à des retombées atmosphériques (explosions nucléaires) ; des champs de rayonnement d'origine industrielle ou enfin des contaminations accidentelles de l'eau à partir des rejets d'installation des centrales nucléaires (**Kourchi, 2010**)

- **Pollution mécanique**

Elle provient du lessivage des sols par des pluies abondantes et des travaux et de revêtements qui rendent le sol imperméable provoquant une concentration des écoulements et des volumes entraînant de boues importants (**Kourchi, 2010**).

I.4.4.3. Pollution chimique

La pollution chimique de l'eau devient de nos jours une préoccupation de santé publique qui prend des formes multiples, certaines formes de pollution chimique échappent souvent aux méthodes ordinaires de traitement de l'eau et posent par conséquent des problèmes complexes de pollution ; tant au niveau des eaux de surface qu'au niveau des nappes souterraines (**Kourchi, 2010**).

I.4.4.4. La pollution microbienne

C'est une pollution d'origine humaine et animale; elle est engendrée par les rejets urbains. La pollution microbienne devient très dangereuse lorsque les eaux usées sont rejetées dans un milieu pouvant être utilisé comme moyen de loisir (eau de mer ; lac ; rivière etc). La présence de microorganismes pathogènes (E – coli ; Streptocoques fécaux ; salmonelle vibrions) peut être à l'origine des maladies infectieuses (fièvre typhoïde ; choléra) (**Loumi et al, 2010**)

I.4.4.5. La pollution virale

Les virus constituent l'entité biologique la plus abondante dans les écosystèmes aquatiques. Ils présentent un intérêt direct en santé humaine et ils sont capables de provoquer des infections chez l'homme. (**Kankou, 2004**). Leur présence dans l'eau est liée à une élimination humaine, par les selles, plus rarement Par les urines ou les excréctions nasopharyngées. On connaît plus de 100 types de virus pathogènes regroupés sous le nom de

virus entériques, ils appartiennent à plusieurs familles et genres. Ces virus entériques sont retrouvés dans les eaux usées avant de contaminer le milieu naturel. Parmi les virus présent dans l'eau, on compte le virus de l'hépatite A, le virus de l'hépatite E plutôt confiné dans les milieux tropicaux, le virus commun des Gastroentérites, Les adénovirus, les réovirus (Schwartzbrod, 2000).

I.4.5. Les principaux polluants des eaux naturelles

I.4.5.1. Polluants physiques

La pollution physique représente les éléments solides entraînés par l'eau. Ils se subdivisent en plusieurs catégories selon leur nature et leur dimension.

a. Les éléments grossiers

Leur dimension est suffisamment grande pour être retenue par de simples grilles. Dans les eaux de surface, ces éléments sont généralement : les brindilles, les feuilles, les arbres...etc.

b. Les sables

Les sables sont des particules minérales d'une certaine dimension. Ils sont généralement à base de silice ou de composition minérale équivalente. Leur masse spécifique est de 2,5 à 2.6 g/cm³, ce qui permet leur élimination par simple décantation (Cardot, 1999).

C .Les matières en suspension (MES)

Les matières en suspension rencontrées dans les eaux (essentiellement superficielles) sont très diverses tant par leur nature que leur dimension. Elles sont constituées de quartz, d'argiles, de sels minéraux insolubles, de particules organiques composées de micro-organismes, et de produits de dégradation animaux ou végétaux (Doré, 1989), selon leur dimension : les états dispersés que l'on peut diviser en suspension et état colloïdal, se distinguent de l'état dissout, notamment par les dimensions particulières.

I.4.5.2 Polluants chimiques

La pollution chimique d'une eau est autrement plus complexe et peut provenir de plusieurs sources. On distingue selon la nature de la pollution chimique :

-Les éléments chimiques minéraux.

-Les éléments chimiques organiques.

a. Les éléments chimiques minéraux

L'eau étant un très bon solvant permettra la mise en solution de nombreux composés avec les quels elle sera en contact. la dissolution des sels, la corrosion des métaux et dissolution des acides et des bases sont des phénomènes qui donnent lieu à des eaux de rejets caractérisées par certaines formes de pollution dont les plus représentatives sont :

- La température

L'évolution de la température dépend du mode d'utilisation de l'eau avant son rejet et surtout le parcours de l'eau avant l'exutoire ou la station d'épuration. En général l'eau doit être évacuée vers l'environnement à des températures inférieures à 30°C une eau plus chaude constitue une pollution. (**Bouziანი, 2000**).

- Le pH

Le pH d'une eau est dû à la concentration de cette eau en ions H^+ ou OH^- - une eau équilibrée aura un pH neutre de 7. Des variations trop élevées du pH par rapport à cette valeur moyenne de 7 constitue une pollution. Des eaux dont le pH présente de grands écarts par rapport à la neutralité sont polluées. (**Bouziანი, 2000**).

- Les sels

Dans beaucoup de procédé de production ainsi que lors de l'élaboration des matières, il se forme parfois des sels en grandes quantités, avant tout des chlorures, des nitrates, des sulfates et des phosphates, qui ont une grande importance vis-à-vis l'environnement.

- Les nitrates (NO_3^-)

Les nitrates sont présents naturellement dans les eaux, les apports excessifs ou mal maîtrisés d'engrais azotés provoquent une augmentation des nitrates dans les ressource. Les nitrates se transforment en nitrite dans l'estomac. Ces nitrites peuvent provoquer la transformation de l'hémoglobine du sang en méthémoglobine, impropre à fixer l'oxygène. ce phénomène est à l'origine de cyanoses, notamment chez les nourrissons. La consommation d'eau chargée en nitrates ou nitrites par la femme enceinte ou le nourrisson peut constituer un risque pour le nouveau-né. (**Rejsek, 2002**).

- Les chlorures

En plus de l'agressivité et de la minéralisation qu'ils confèrent à ces eaux, des taux élevés modifient la saveur de l'eau et contribuent aux dépôts de sel néfaste pour l'agriculture (**Cardot, 1999**).

- Les sulfates (SO_4^{2-}) : en plus des inconvénients qui caractérisent les chlorures, les sulfates participent aux métabolismes des bactéries contenues dans l'eau, les bactéries contenues dans l'eau, les bactéries sulfato-réductrices transforment les sulfates en sulfures avec dégagement de gaz sulfureux (œufs pourris) créant des désagréments à l'environnement. (**Cardot, 1999**).

- Les métaux lourds

Les métaux lourds, qui parviennent dans les eaux, font partie des polluants de l'eau, les métaux lourds exemple dans les sédiments.

I.4.5.3 Polluants microbiologiques

L'eau peut contenir des micro-organismes pathogènes (des virus, des bactéries, des parasites). Ils sont dangereux pour la santé humaine, et limitent donc les usages que l'on peut faire de l'eau.

I.4.5.5 .Les polluants biologiques

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

I.4.6 .Conséquences de la pollution

Les conséquences de la pollution sont nombreuses, notamment :

- Les matières organiques solubles abaissent la teneur en oxygène dans les cours d'eau, ce qui conduit à la réduction et à la mort de la faune aquatique.
- Les matières en suspension, s'accumulent au fond des cours d'eau, lacs et étangs l'augmentation de la turbidité.

- Les acides sont toxiques à la vie aquatique et détériorent les réseaux d'assainissement.
- Les huiles et les graisses flottants conduisent au colmatage des conduites et donnent un aspect esthétique indésirable.
- Les matières toxiques et les métaux lourds sont toxiques à la vie aquatique.
- Le phosphore et l'azote conduisent à l'eutrophisation des cours d'eau.
- Le phosphore est un élément limitant la croissance des plantes et du phytoplancton.
- Les coliformes fécaux et les microorganismes pathogènes participent à la contamination bactériologique des cours d'eau **(Birech et Messaoudi, 2006)**.

I.4.7 Les conséquences écologiques

Les conséquences écologiques de la pollution des ressources en eau se traduisent par la dégradation des écosystèmes aquatiques. Comme tout le milieu naturel, un écosystème aquatique dispose d'une capacité propre à éliminer la pollution qu'il subit : c'est sa capacité "d'autoépuration" cependant, lorsque l'apport de substances indésirables est trop important, que cette capacité épuratoire est saturée, les conséquences écologiques peuvent être de différentes natures **(Delmont, 2016)**.

I.5 Les maladies hydriques

I.5.1 Définition

Les maladies hydriques sont « les maladies (et par extension les risques sanitaires) liés à la qualité de l'eau et à l'accès à l'eau potable. Les maladies à transmission hydrique (Appelées également maladies des mains sales ou maladies des canalisations) constituent un groupe de maladies à allure épidémique, dont la symptomatologie est le plus souvent digestive (diarrhées, vomissement ...) et dont la nature et propagation sont liées à divers facteurs, comme la mauvaise qualité de l'eau, le manque d'hygiène et la pauvreté **(Bouziane, 2000; 2005)**.

Ces maladies sont ainsi nommées car elles sont provoquées par l'ingestion ou le contact avec des eaux insalubres. En ce qui nous concerne, sont appelées maladies hydriques toute maladie affectant un individu par l'intermédiaire de la consommation d'eau non potable **(Mbongo, 2015)**.

Les maladies à transmission hydrique appelées par contraction (MTH) appelé également maladies de canalisation ils constituent un groupe de maladies à allure épidémique dues à l'ingestion d'eau contaminée par certains germes. Les MTH recouvrent un large éventail de manifestations pathologiques d'origine bactérienne, parasitaire ou virale comme les bactéries strictement pathogènes ou opportunistes, les virus ou les parasites issues d'une fèces humaine ou animale, dont l'élément commun est le mode de contamination de l'eau (**Aroura, 1997**).

Généralités sur l'eau

Tableau 2. Les bactéries pathogènes responsables des maladies d'origine hydrique (Masschelein, 1996 ; N'diaye ,2002).

Bactéries	Pathologie
<i>Salmonella</i>	<p>Fièvre typhoïde : causée par une bactérie du genre des salmonelles dont les espèces responsables sont: <i>Salmonella enterica</i>, <i>Salmonella typhi</i> ou <i>Salmonella paratyphi</i> A, B et C, trouvé dans le lait, la nourriture ou l'eau contaminée.</p> <p>Maladie strictement humaine, les symptômes sont des maux de tête, des nausées et l'anorexie et diarrhée.</p>
<i>Shigella</i>	<p>La gastro-entérite : inflammation intestinale faisant suite à une infection touchant les muqueuses présentes dans l'estomac et l'intestin. Généralement transmise par l'eau ou par les aliments souillés.</p> <p>les symptômes : nausées, vomissements, crampes abdominales et de la diarrhée allant de la diarrhée aqueuse légère, jusqu'à la dysenterie sévère.</p> <p>La dysenterie : Il existe la dysenterie bacillaire ou shigellose (causée par diverses bactéries), la dysenterie amibienne ou amibiase (causée par des amibes), mais seule la shigellose peut entraîner la mort, les taux de mortalité peuvent atteindre 20%.</p>
<i>Escherichia coli</i> O157 :H7 et certaines autres souches	Diarrhée risque de complications (urémie hémolytique) chez les enfants en bas âges.
<i>Legionella pneumophila</i>	Pneumonie et autres infections respiratoire
<i>Vibrio cholerae</i>	<p>Choléra : C'est une maladie infectieuse diarrhéique à caractère épidémique, d'origine bactérienne, transmise par voie digestive. La transmission de ce germe est donc hydrique ou interhumaine: eaux polluées, produits marins contaminés, fruits et légumes irrigués, mains sales.</p> <p>Apparition brutale d'une diarrhée aqueuse, eau de</p>

Généralités sur l'eau

	riz, d'odeur fade, sans glaire ni sang, avec des vomissements abondants, entraînant une déshydratation rapide et sévère.
--	--

Tableau 3. Les virus à l'origine des maladies hydriques (Briere, 2000), (Piar Roux, 2002).

Virus	Pathologie
hépatite A (VHA)	<p>Les hépatites virales : se transmet en général par voie féco-orale, soit par contact direct d'une personne à l'autre, soit par ingestion d'eau de boisson ou de piscine, ou d'aliments contaminés.</p> <p>La contamination peut être par l'eau de boisson ou de piscine contaminée.</p> <p>Pour cette maladie virale, il n'y a pas de traitement spécifique, il y'a des vaccins. Symptômes : maux de ventre, diarrhée, jaunisse.</p>
<i>Enterovirus poliovirus</i>	<p>La poliomyélite : C'est une maladie infectieuse aiguë, essentiellement neurotrope, immunisante, endémo-épidémique.</p> <p>La transmission se fait par voie oro-pharyngée dans les pays développés, par voie féco-orale dans les pays en voie de développement (mains sales, eaux). Elle touche surtout les jeunes enfants entre 3 mois et 5 ans (paralysie infantile, fièvre, maux de tête vomissements, raideur ou douleurs dans la nuque).</p>
Adenovirus	Responsables de conjonctivites (piscines) et d'infections respiratoires.
Papillomavirus	Responsable de verrues plantaires et de cancer de l'utérus.
Coronavirus	SRAS» est une pneumopathie mortelle dont la transmission est d'abord aérienne, mais la transmission hydrique est possible à la suite de contamination fécale et urinaire

Calciavirus	Le virus de l'hépatite E est redoutable pour les femmes enceintes. La contamination résulte souvent d'ingestion d'eaux souillées et de coquillages.
-------------	--

I.5.2 .Evolution des maladies à transmission hydrique en Algérie

En Algérie, les infections à transmission hydrique représentent la première cause de morbidité parmi les maladies à déclarations obligatoires ou placées sous surveillance. Il s'agit de la fièvre typhoïde, du choléra, des dysenteries et des hépatites virales.

En ce qui concerne les maladies à déclaration facultative, il n'existe aucun relevé statistique régional ou national qui permet d'avoir une information globalisée sur les infections banales à caractères diarrhéiques notamment les gastro-entérites (**Zerhouni, 1991**).

I.6. Normes de la qualité de l'eau

Afin de définir régulièrement une eau potable, des normes ont été établies qui fixent notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nuisibles et susceptibles d'être présentes dans l'eau. Globalement, les qualités de l'eau de boisson doit obéir à des normes définies par une réglementation nationale. Il peut en résulter, pour un pays ou une région donnée, des dispositions réglementaires différentes de la qualité de l'eau, par rapport aux normes internationales. (**OMS, 1994**).

Le fait qu'une eau soit conforme aux normes, c'est-à-dire potable, ne désigne donc pas qu'elle soit exempte de matières polluantes, mais que leur concentration a été jugée suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur (**Maiga, 2005**).

I.6.1. Normes Algérienne

En Algérie, il existe des réglementations locales pour la qualité de l'eau de boisson en Citant le Journal Officiel de la république algérienne qui représente les différents paramètres physico-chimiques et bactériologiques de la qualité de l'eau de consommation humaine avec des valeurs limites (**JORA, 2011**).

Elles ont été adoptées par des différentes directions de l'hydraulique des wilayas du nord et qui concernent 41 paramètres de qualité classés en 04 catégories : paramètres

organiques, physico-chimiques, substances indésirables et substances toxiques (Alouane, 2012).

I.6.2. Normes selon l'OMS

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

I.7. Les paramètres physico-chimiques

I.7.1. Qualité physique

I.7.1.1. Température

C'est un facteur important pour l'activité biologique, il influence la solubilité de l'oxygène du milieu récepteur, donc son pouvoir auto épurateur (Benallou, 2004). La température de l'eau dépend d'une série de facteurs.

- Situation géographique, la saison
- La profondeur (la température des profondeurs est généralement plus faible qu'en Surface)
- La couleur de l'eau (une eau sombre absorbe plus fortement la chaleur)
- Le volume de l'eau (plus le volume est élevé moins importantes sont les fluctuations de température) (Mahamat & al. 2010).

I.7.1.2. Potentiel hydrogène

Le pH de l'eau mesure la concentration des protons H^+ contenus dans l'eau. Il résume la Stabilité de l'équilibre établir entre les différentes formes de l'acidité carbonique, et il Est lié au système tampon développé par les carbonates et les bicarbonates (Makhoukh, 2011).

I.7.1.3. Conductivité électrique

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. ce paramètre doit impérativement être mesuré sur le terrain. L'unité de mesure de la

conductivité est siemens/cm (s/cm): $1\text{ S /m} = 104\mu\text{S/cm} = 103\text{ S/m}$. La minéralisation de l'eau (teneur globale en espèces minérales) peut entraîner selon les cas, un gout salé (variable 6 selon la nature des sels présents), une concentration de la corrosion, et les dépôts dans les tuyauteries (entartrage) (Joel, 2003).

I.7.1.4 .Turbidité

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. La turbidité de l'eau a pour origine la présence de matières en suspension (argile, limons, particules fibreuses ou organique, micro-organismes...), étant souvent lié à des phénomènes pluviométriques dans les eaux superficielles et dans certaines eaux souterraines (nappes peu profondes). La turbidité se mesure sur le terrain à l'aide d'un turbidimètre. Et sont exprimées en unités et correspondent à une mesure optique de passage de lumière. D'autres unités comparables Sont employées, l'unité néphéométrique de turbidité ou NTU (Joel, 2003).

Tableaux 4 .Classes de turbidités usuelles (NTU, Néphéométric Turbidity Unity) (Joel, 2003).

NTU<5	Eau claire
5<NTU<30	Eau légèrement trouble
NTU>50	Eau trouble

I.7.1.5. L'oxygène dissous

L'oxygène est l'un des paramètres particulièrement utile pour l'eau et constitue un excellent indicateur de sa qualité. C'est un des paramètres les plus sensibles à la pollution. Sa valeur nous renseigne sur le degré de pollution et par conséquent sur le degré de l'autoépuration d'un cours d'eau. (Kahoul & Touhami, 2014)

I.7.1.6. Salinité

C'est la masse de sels (composés ioniques) dissous dans 1 L d'eau. Elle s'exprime en (g / kg d'eau) .Un composé ionique ou solide ionique cristallin est constitué de cations (Ions chargés positivement) et d'anion (ion chargés négativement) régulièrement disposés dans l'espace. Globalement, un cristal ionique est électriquement neutre. Chaque solide ionique cristallin possède une formule statistique qui indique la nature et la proportion des ions présents sans en mentionner (Gaujous,1985).

I.7.1.7. Matière en suspension (MES)

Les matières en suspension contenues dans les eaux résiduaires constituent un paramètre important qui marque généralement le degré de pollution. Ce sont des matières qui ne sont ni colloïdales, ni solubilisées et elles peuvent être organiques ou minérales. La présence des matières en suspension, diminue la concentration en oxygène dissous, ce qui rend les activités des micro-organismes faibles et par conséquent diminue le Phénomène d'autoépuration (Felfoul & al. 1999).

I.7.1.8. Résidu Sec (RS)

Le résidu Sec donne une information sur la teneur en substances dissoutes non volatiles (le taux des éléments minéraux). Suivant le domaine d'origine de l'eau cette teneur peut varier de moins de 100 mg/l (eaux provenant de massifs cristallins) à plus de 1000 mg/l (Khelili & Lazali, 2015).

I.7.2. Qualité chimique

I.7.2.1. Chlorures (Cl)

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (Na Cl) et de potassium (KCl). Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution. Ils ont une influence sur la faune et la flore aquatique ainsi que sur la croissance des végétaux. (Makhoukh, 2011).

I.7.2.2. Dureté totale (TH)

La dureté de l'eau est due à la présence de calcium et dans une moindre mesure, de magnésium. On l'exprime généralement en quantité équivalente de carbonate de calcium.

Tableau 5. Relation entre dureté de l'eau et concentration équivalente en CaCO₃

Dureté de l'eau	Concentration en mg/l'eau
l'eau douce	0 à 60
Eau moyennement douce	60 à 120
Eau dure	120 à 180
Eau très dure	Plus de 180

Une dureté supérieure 200 mg/L peut provoquer l'entartrage CaCO_3 (excès calcaire) du système de distribution et entraîner une consommation excessive de savon avec formation d'écume. La concentration du calcium dans l'eau de consommation n'est pas généralement élevée par rapport au besoin journalier (2 g/j) (**Hawa, 2001**)

I.7.2.3. Titre alcalimétrique (TA)

La teneur en hydroxyde (OH), est la moitié de la teneur en carbonate CO_3^{-2} et un tiers Environ des phosphates présents. (**Menad et al. 2012**)

I.7.2.4 .Titre alcalimétrique complet (TAC)

Il correspond à la teneur en ions OH, CO_3^{-2} et HCO_3^- pour des pH inférieur, à 8.3, la teneur en ions OH- et CO_3^- est négligeable (TA=0), dans ce cas la mesure de TAC correspondant au dosage des bicarbonates seuls (**Menad et al. 2012**).

I.7.2.5. Magnésium (Mg^{2+})

Le magnésium est plus abondant après le calcium par rapport au sodium et au potassium. Le magnésium peut avoir deux gaines : Les calcaires dolomitiques qui libèrent le magnésium par dissolution, en présence du gaz carbonique. La dissolution du MgSO_4 des terrains gypseux du trias situés au sud (**Sahraoui, 2015**).

I.7.2.6. Calcium (Ca^{2+})

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaire sous forme de carbonates. Est un composant majeur de la dureté totale de l'eau, le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables.

Il existe surtout à l'état d'hydrogencarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorure etc. les eaux de bonne qualité renferment de 250 à 350 mg/l les eaux qui dépassent les 500 mg/l présente de sérieux inconvénient pour les usages domestique et pour l'alimentation des chaudières (**Khelili et Lazali, 2015**).

I.7.2.7. Demande biochimique en oxygène (DBO_5)

La DBO_5 est la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes présents dans un milieu pour oxyder (dégrader) les substances organiques contenues dans un échantillon d'eaux maintenues dans l'obscurité, pendant 5 jours. Ce paramètre constitue un bon indicateur

de la teneur en matière organique biodégradable d'une eau naturelle polluée ou d'une eau résiduaire. Deux échantillons sont nécessaires : le premier sert à la mesure de la concentration initiale en oxygène, le second à la mesure de la concentration résiduaire en oxygène au bout de 5 jours. La DBO_5 est la différence entre ces 2 concentrations. Plus la différence est grande et plus le milieu est demandeur en oxygène et donc mal équilibré car les déchets à transformer sont trop importants (**Khelili & Lazali, 2015**).

I.7.2.8. Nitrites (NO^{-2})

Les ions nitrites (NO^{-2}) sont un stade intermédiaire entre l'ammonium (NH^{4+}) et les ions nitrates (NO^{-2}). Les bactéries nitrifiantes (nitrosomonas) transforment l'ammonium en nitrites. Cette opération, qui nécessite une forte consommation d'oxygène, est la nitratisation. Les nitrites proviennent de la réduction bactérienne des nitrates, appelée dénitrification. Les nitrites constituent un poison dangereux pour les organismes aquatiques, même à de très faibles concentrations. La toxicité augmente avec la température (**Rodier, 2005**).

I.7.2.9. Nitrates (NO_3^{-})

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique dans l'eau. Les bactéries nitratâtes (nitrobacters) transforment les nitrites en nitrates. Les nitrates ne sont pas toxiques ; mais des teneurs élevées en nitrates provoquent une prolifération algale qui contribue à l'eutrophisation du milieu. Leur potentiel danger reste néanmoins relatif à leur réduction en nitrates (**Rodier et al, 2009**).

I.7.2.10. L'azote

L'azote présent dans l'eau peut avoir un caractère organique ou minéral. L'azote organique est principalement constitué par des composés tels que des protéines, des polypeptides, des acides aminés, de l'urée. Le plus souvent ces produits ne se trouvent qu'à de très faibles concentrations. Quant à l'azote minéral (ammoniaque, nitrate, nitrite), il constitue la majeure partie de l'azote total (**Rodier, 2005**).

I.7.2.11. Le phosphore

Les matières phosphorées sont des matières organiques et minérales possédant des atomes de phosphore. Elles ont deux origines principales, à peu près équivalentes : le métabolisme humain et les détergents. Dans les eaux usées, le phosphore se trouve soit sous forme minérale d'ions ortho-phosphate isolés, soit sous forme d'ions phosphate condensé

entre eux (poly-phosphates), soit sous forme organique de groupements phosphate liés aux molécules organiques. C'est l'un des facteurs limitant de la croissance végétale et son rejet dans le milieu récepteur favorise le phénomène de l'eutrophisation (**Rejsek, 2002**). L'apport journalier moyen de phosphore dans les eaux rejetées est d'environ 2.5 à 3g par habitant (**Degrémont, 2005**).

I.7.2.12. Fer (Fe^{+2})

Le fer est un élément assez abondant dans les roches sous différentes formes. Ce fer dissous précipite en milieu oxydant, en particulier au niveau des sources et à la sortie des conduites. La présence de fer dans l'eau peut favoriser la prolifération de certaines bactéries qui précipitent le fer où corrodent les canalisations. (**Rodier et al, 2009**)

I.7.3 .Paramètres toxiques et indésirables

I.7.3.1. Plomb (Pb)

C'est un constituant naturel, largement réparti dans la croûte terrestre. C'est un métal toxique, il est quasiment inexistant dans l'eau à l'état naturel. Sa présence éventuellement ne peut provenir que de la corrosion des canalisations de distribution de l'eau. Il a un effet cumulatif sur l'organisme à l'origine de nombreux troubles de la santé (des lésions du système nerveux, l'hypertension) (**Rodier, 2005**).

I.7.3.2. Cadmium (Cd)

Le cadmium est un métal blanc, mou ductile et flexible. Il est naturellement assez rare dans l'environnement où on peut le trouver associé au zinc. Les déchets industriels et les ordures ménagères sont les principales sources de pollution par le cadmium, élément qui circule dans les eaux et les sols avec grande facilité. Sa très nette toxicité se manifeste particulièrement par des atteintes rénales (**Bontoux, 1993**).

I.7.3.3. Manganèse (Mn)

C'est un métal qui peut provoquer une coloration et il est à l'origine de dépôts dans les réseaux. Par ailleurs il affecte les paramètres organoleptiques de l'eau comme d'autres métaux cuivre, aluminium, zinc. Dans les eaux de surface, le manganèse se trouve en général à l'état oxydé et précipité ; il est donc éliminé par traitements classiques de clarification (**Degrémont, 2005**).

I.8. Les paramètres bactériologiques

- **Qualité bactériologique**

C'est le paramètre le plus important de la qualité de l'eau potable. Elle se mesure par la présence d'organismes indicateurs de pollution fécale: Germes totaux et Coliformes, qui vivent normalement dans les intestins humains et animaux et représentent ainsi un risque épidémiologique potentiel. Le contrôle bactériologique réalisé dans ce contexte, porte sur la quantification des germes indicateurs de contamination fécale dont trois indicateurs Sont à noter : coliformes totaux, coliformes fécaux et les streptocoques fécaux. D'autres indicateurs non spécifiques sont utilisés comme complémentaire : germes totaux et *Clostridium* sulfito-réducteurs (**Bouziyani, 2000**).

L'eau ne doit contenir ni microbes, ni bactéries pathogènes, ni virus qui pourraient entrainer une contamination biologique et être la cause d'une épidémie. Le dénombrement bactérien consiste à la recherche des bactéries aérobie, c'est-à-dire celles qui pourraient se développé en présence d'oxygène :

- Coliforme fécaux
- Coliforme totaux
- Germe totaux
- streptocoques fécaux. (**Hamed et al. 2012**).

- **Les Germes totaux**

La numération des germes aérobies mésophiles ou germes totaux, vise à estimer la densité de la population bactérienne générale dans l'eau potable. Elle se réalise à deux températures différentes afin de cibler à la fois les microorganismes à tendance psychrophile soit à 20 °C et ceux franchement mésophile soit à 37 °C. Elle permet ainsi une appréciation globale de la salubrité générale d'une eau, sans toutefois déterminer les sources de contamination. (**Ayed, 2016**). Recherche des germes totaux à 22 C° et 37 C° pathogène certaines maladies infectieuses sont transmises à l'homme par absorption d'eau oud' aliments pollués par une eau contenant des micro-organismes pathogènes. Les plus redoutables d'entre eux sont les salmonelles, responsables de la fièvre typhoïde et le vibrio ncholérique responsable du choléra. (**Hamed et al. 2012**).

• Les Coliformes totaux

Les coliformes totaux sont utilisés depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau car ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale. Les coliformes totaux sont définis comme étant des bactéries en forme de bacilles gram-négatifs aérobies ou anaérobies facultatives, non sporulés, oxydase-négatifs, possédant l'enzyme β -galactosidase permettant la fermentation du lactose à 35/37 °C avec production de gaz en 48h, capables de se développer en présence de sels biliaries ou d'agents tensio-actifs. Ils sont sensibles au chlore (**Ayed, 2016**).

Recherche des coliformes Totaux Selon l'organisation internationale de standardisation, il s'agit de bacilles gram négatifs (BGN) non sporulés oxydase négative aérobies ou anaérobies facultatifs, capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 24 à 48 heures à une température comprise entre 36 C° et 37 C° (**Leyla et al. 2002**).

• Les Coliformes fécaux (*Escherichia coli*)

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermo-tolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux ont la capacité de fermenter le lactose à une température de 44 °C en 24h. L'existence de ces germes peut être une indication de la présence des micro-organismes entéro-pathogènes, comme les salmonelles. (**Chevalier, 2003**). L'espèce la plus habituellement associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli* (*E. coli*). C'est la seule bactérie indicatrice qui représente sans équivoque une contamination d'origine fécale animale ou humaine. (**Chevalier, 2003**). Recherche des coliformes thermo-tolérants Il s'agit des coliformes possédant les mêmes caractéristiques que les coliformes mais à 44 C°, ils remplacent dans la majorité des cas l'appellation : (coliformes fécaux) on cite l'exemple de *E. coli* qui produisent de l'indole à partir du tryptophane, fermentent le lactose ou le mannitol avec production d'acide et de gaz. Elle ne peut pas en général se reproduire dans les milieux aquatiques, leur présence dans l'eau indique une pollution fécale récente. (**John et al. 2010**).

• Les Streptocoques fécaux

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

sous-groupes : *Enterococcus* et *Streptococcus* .**John, P et Donald, A. (2010)**. Recherche des Streptocoques Fécaux (37 C°) .Il s'agit de cocci à gram positif (CGP) de forme sphérique ou ovoïde, se présentant en chainettes Pius ou moins longues, non sporulées aéro-anaérobies facultatives, ne possédant ni catalase ni oxydase, ce sont des hôtes normaux d'homme, et ne sont pas considérés comme pathogène (**Leyla et al. 2002**).

Ils se retrouvent habituellement dans les eaux souterraines à la suite d'une pollution d'origine fécale ancienne. Ils peuvent aussi se multiplier dans les milieux présentant des pH allant jusqu'à 9,6. Par conséquent, ces germes peuvent être utilisés comme indicateurs d'organismes pathogènes ayant une résistance similaire au pH élevé (**Seghir, 2008**).

- **Les Clostridium sulfito-réducteurs**

Parmi les paramètres retenus pour déterminer la qualité microbiologique d'une eau de consommation, les *Clostridium* sulfito-réducteurs sont pris en compte aussi. Ces dernières, sont des bactéries à Gram positif mesurant 4 à 6 µm de long et 1 à 2 µm de large, produisant des spores dont le plus caractéristique est *clostridium perfringens*.

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

I.9 Traitement de potabilisation

Pour faire la transition d'une eau brute à une eau potable, on utilise différents procédés de traitement de potabilisation. Bien que de nombreuses autres méthodes existent, la désinfection de l'eau par chloration est la méthode la plus facilement applicable et la plus utilisée.

I.9.1 La chloration

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

I.9.2 Les systèmes de chloration

A. Chloration manuelle

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

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

3. Pots chlorateurs

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

B .Chloration automatique

1 .Chlorateurs à la pompe

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

2. Chloration par pompes doseuses

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

I.9.3. L'intérêt de l'utilisation de chlore

- le Cl et ses dérivés sont de bons désinfectants.
- le Cl a un pouvoir rémanent contrairement aux autres désinfectants.
- Contrôle des odeurs et des goûts. (**Cahier de chloration, 1996**).

Chapitre II

Matériel et méthodes

II.1. Présentation de l'établissement d'accueil (SEACO)

II.1.1. Création de la SEACO

La Société de l'Eau et de l'Assainissement de Constantine (SEACO) est une société par action, créée conjointement par l'algérienne des eaux (ADE) et l'office nationale de l'assainissement (ONA). Créée en 2008, la SPA SEACO s'est vue confier la gestion déléguée des services de l'eau et de l'assainissement de la wilaya de Constantine. Depuis 2008, la SPA SEACO a mis en place un nouveau mode de gestion et d'exploitation des services de l'eau et de l'assainissement en conformité avec les objectifs des institutions nationales et les enjeux du service public.

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

II.1.2. Lieu et durée du stage

Notre stage de durée de deux mois a été effectué au département qualité, structure faisant partie de la DEET (La Direction Exploitation Eau et Travaux), le département a pour mission principale le contrôle de la qualité de l'eau de la ressource, à la production, à la distribution jusqu'au robinet du consommateur. Le siège se situe à Ain Smara, à la base de vie Hraïcha Ammar (fig 1).



Figure 1. Image satellitaire du chef-lieu du siège de la SEACO Ain Smara (Google Earth, 2021).

II.2. Contexte géographique et géologique de la zone d'étude

II .2.1. Présentation de la zone d'étude

II .2.1.1. Situation géographique et administrative

La Wilaya de Constantine constitue une unité géographique importante, située à l'est du pays. Elle s'étend sur une superficie de 225 548 ha et compte six daïras et douze communes, à savoir : Constantine, El Khroub, Aïn Smara, Hamma Bouziane, Didouche Mourad, Zighoud Youcef, Beni Hamidène, Ben Badis, Aïn Abid, Ouled Rahmoune, Ibn Ziad, et Messaoud Boudjeriou (fig 2).

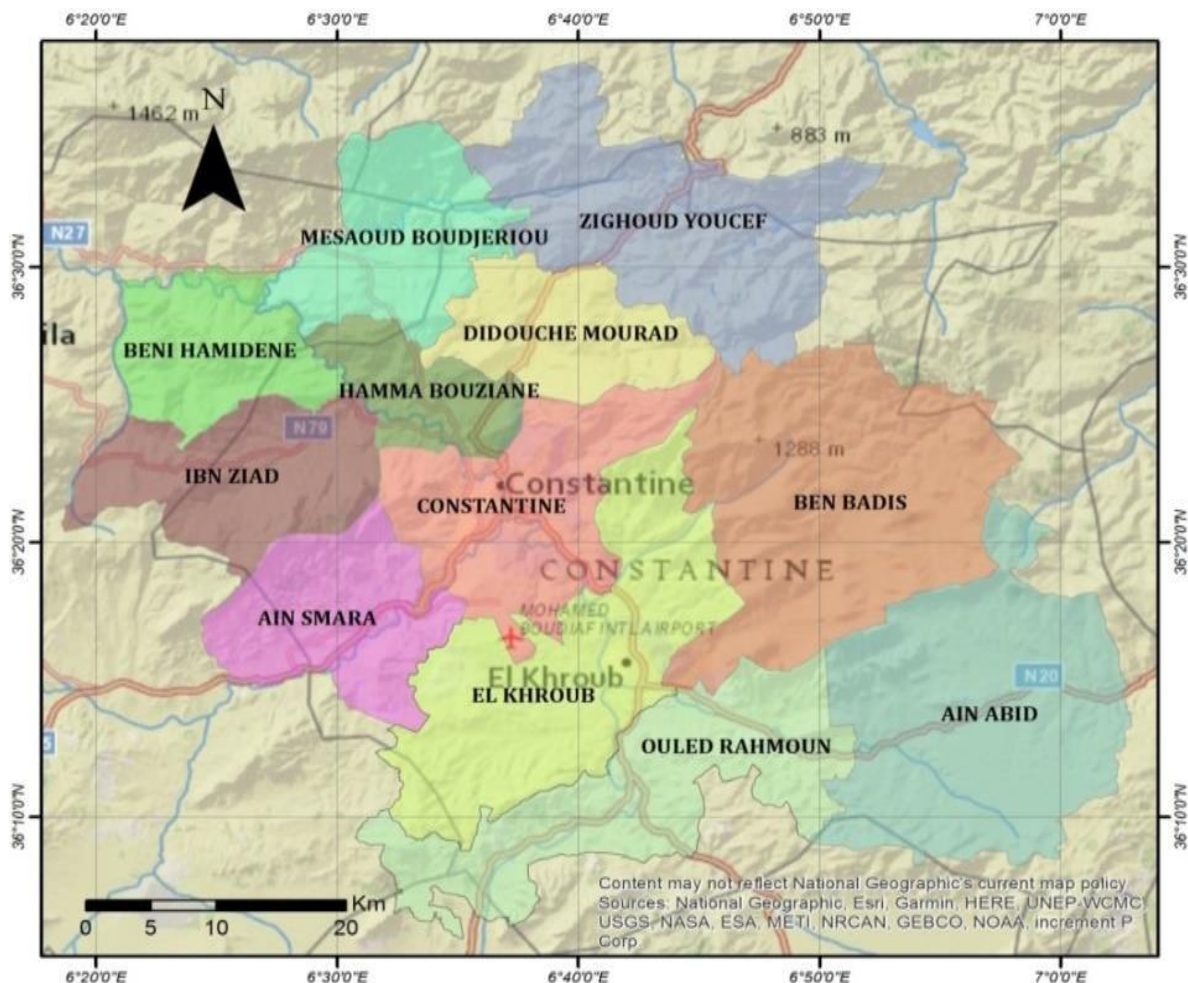


Figure 2. Situation géographique et administrative de la Wilaya de Constantine (Gana, 2018).

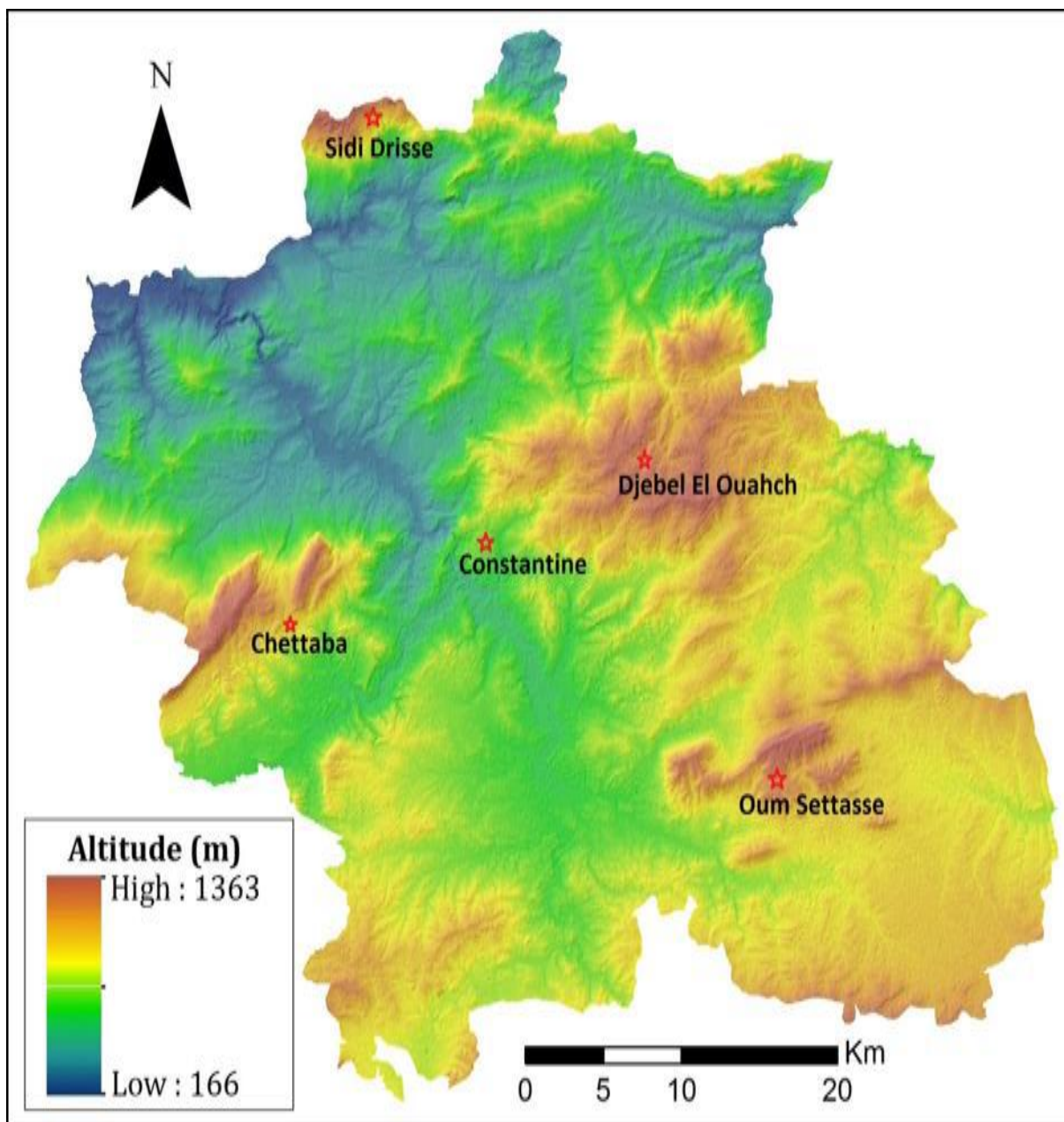
II.2 .1.2. Topographie

La wilaya de Constantine est caractérisée par une topographie très accidentée, marquée par une juxtaposition de montagnes, de hautes plaines, de dépressions et de ruptures brutales de pentes donnant ainsi un site hétérogène (Boussouf, 2012).

Matériel et méthodes

La wilaya est subdivisée en trois zones géographiques (fig 3)

- **La zone montagneuse** : située au nord de la wilaya et fait partie de l'Atlas tellienne.
- **Les bassins intérieurs** : constitués d'une série de dépressions qui s'étend de Ferdjioua (wilaya de Mila) à Zighoud Youcef et limitée au Sud par les hautes plaines.
- **Les hautes plaines** : situées au sud de la wilaya entre les chaines de l'Atlas Tellien et l'Atlas Saharien, dont l'altitude varie entre 750 et 950 mètres, elles s'étendent sur les communes d'Aïn Abid et Ouled Rahmoune (fig3) (Gana, 2018).



II.2.1.3. Réseau hydrographique

Le bassin de la zone d'étude est traversé par un réseau hydrographique dense comportant d'importants bassins de réception et une multitude de petits cours d'eau secondaires. Les eaux souterraines sont essentiellement composés de : **(PDAU, 2010)**

- Nappe d'aquifères poreuse de Hamma Bouziane
- Nappe d'aquifères poreuse de Boumerzoug
- Nappe d'aquifères poreuse d'Ain Smara
- Nappe d'aquifères poreuse d'El Khroub
- Nappe d'aquifère karstique des formations carbonatées.

Les ressources en eau mobilisées au niveau de la wilaya de Constantine sont de l'ordre de 50 millions de m³/An environ répartis: **(Abdelouahab, 2006)**

- Eaux souterraines : 44 Millions M³/An.
- Eaux superficielles : 6 Millions M³/An

II .2.2. Climat

- **Cadre climatologique de Constantine**

La région de Constantine est soumise à l'influence du climat méditerranéen caractérisé par des précipitations irrégulières, et une longue période de sécheresse estivale. Ce climat s'identifie par des hivers froids et des étés chauds, enregistrant une température variant entre 25 à 40 °C en été et de 0 à 12 °C en hiver. La température moyenne à Constantine est de 15.6 °C. Dus essentiellement à l'influence de la continentalité. La moyenne pluviométrique annuelle varie de 500 à 600 mm/an (Tableau 5), les précipitations sont très variables en allant du Nord au Sud. Elles ont un rôle principal dans la régénération des réserves d'eau. La moyenne annuelle des jours pluvieux est de 40 à 60 jours. Elles sont caractérisées par leur répartition irrégulière dans l'espace et dans le temps, souvent elles sont sous forme de grandes averses avec des inondations instantanées **(Gana, 2018)**.

II.2.3. Géologie

Les études géologique de la wilaya de Constantine, à partir des feuilles (1/200 000) élaborée par **(Vila, 1977)** et **(Joleaud, 1907)**, montrent que les dépôts sédimentaires sont représentés par plusieurs étages géologiques allant du Secondaire jusqu'au quaternaire

Matériel et méthodes

(Abacha, 2009), dans ce qui suit, nous donnons l'essentiel des formations géologiques qui apparaissent sur le terrain de la zone d'étude (fig 4).

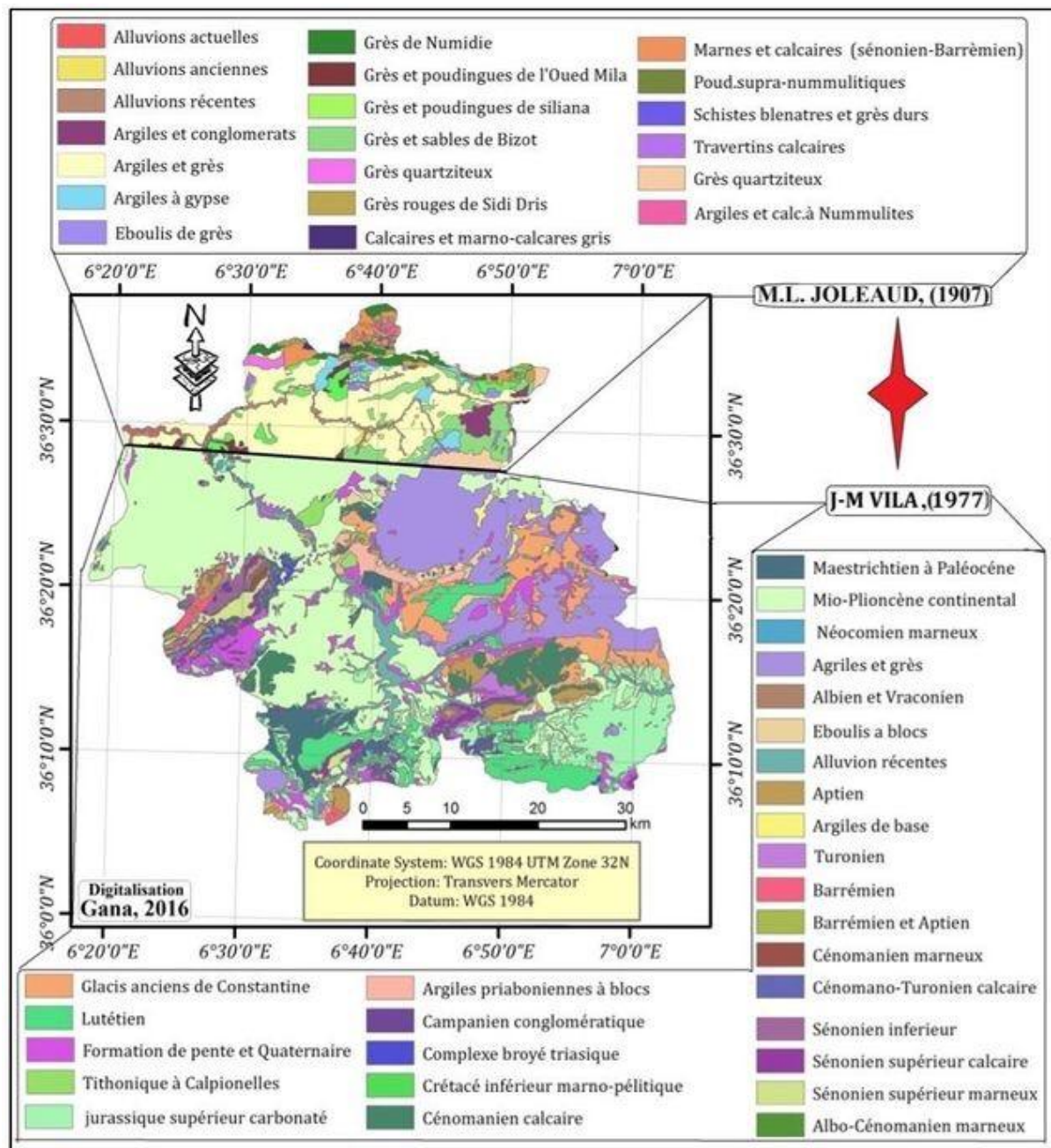


Figure 4. Schéma structural simplifié de la carte géologique de Constantine (Joleaud, 1907 ; Villa, 1977 in Gana, 2018).

II.2.4. Le sol

Les principaux types de sols rencontrés sont caractéristique des roches qui constitue le substrat de base (**Boulfefel, 1979**).

- **Les sols minéraux bruts**

Ce sont des sols peu profond, très caillouteux en surface (blocs de grés) et dans le profil, de texture sableuse ou limono-sableuse ; et ce en raison du type de roche mère (gré numidien) ; ces sols se situent en général dans les zones montagneuses ; Djebel Djenane El Lobba ; El Haria et Ain Abid.

- **Les sols peu évolués**

D'une manière général tous les sols peu évolués qu'ils soient vertique, hydro-morphe, modaux ou autres, se rencontrent exclusivement dans les dépressions, et plus particulièrement autour des oueds et chaabaats sur le plan géologique, ils correspondent au quaternaire moyen, il s'agit de l'alluvion déposée en terrasses recoupées par les oueds actuels.

- **Les verti-sols**

Ce type de sols se rencontrent à proximité des sources, et correspondent sur le plan géologique au quaternaire ancien et surtout moyen.

- **Les sols calcimagentiques**

Généralement ces types de sols se rencontrent sur les reliefs, où l'action de l'eau est peu marquée. Ils ont une texture grossière à moyenne et fine en profondeur.

- **Les sols isohumique**

Ces sols s'étendent de la dépression d'El Haria jusqu'aux versants des massifs qui la ceinturent. Ils correspondent au quaternaire ancien, formation conglomératique d'une épaisseur supérieure à 50m (**Gana, 2018**).

II. 3. La localisation et les caractéristiques des sites d'études

Nous avons sélectionné trois zones qui sont les suivantes (fig 5)

- Beni Hamidène
- Ain Abid
- El Khroub

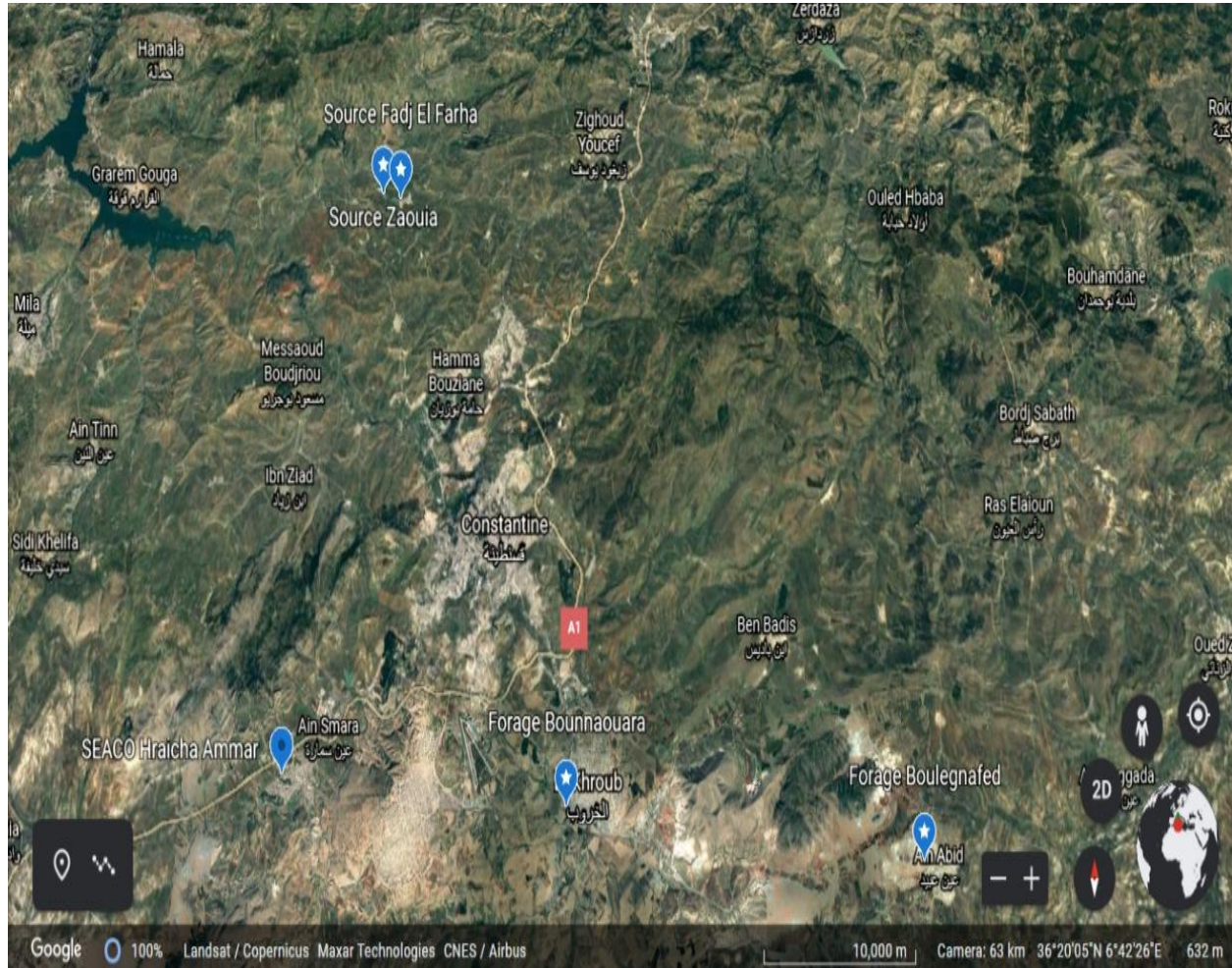


Figure 5. Image satellitaire de localisation des sites de prélèvements dans la willaya de Constantine (Google Earth, 2021).

II.3.1. Source Zaouia

A. La localisation

Tableau 6. La localisation de la source zaouia (SEACO, 2021).

Commune/Agglomération	Constantine / village de Beni Hamidène
Zone/Secteur	Beni Hamidène / nord-ouest
Lieu dit	Zaouia
Propriétaire du terrain	APC
Coordonnées (degrés décimaux)	X : 6,596560 Y : 36.541511 Z : 542 m



Figure 6. Image satellitaire de la station zaouïa (Google Earth, 2021).

B. Les caractéristiques

Tableau 7. Les caractéristiques de la source Zaouia (SEACO, 2021)

La capacité de service	10 l/s
Site	Beni Hamidène
Débit exploité	10
La production variée	350 à 600 m ³ /j

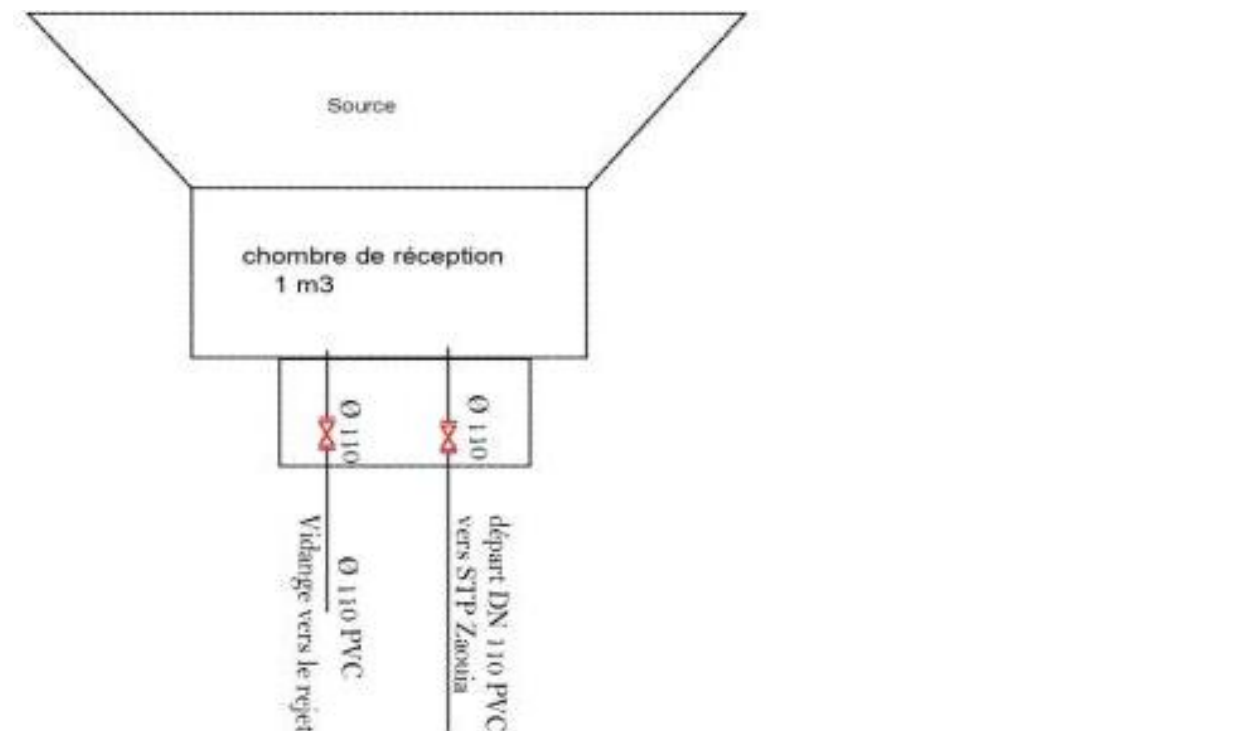


Figure 7. Schéma synoptique de la source Zaouia (SEACO, 2021).

II.3.2. Station de pompage Boulegnafed

A. Localisation

Tableau 8. La localisation de forage Boulegnafed (SEACO, 2021)

Commune/Agglomération	Ain Abid
Zone/Secteur	Zone sud secteur Ain Abid
Lieu dit	Boulegnafed
Propriétaire du terrain	SEACO / DRE
Coordonnées (degrés décimaux)	X : 7,07759 Y : 36,21106 Z : 902



Figure 8. Image satellitaire de la station pompage Boulegnafed (Google Earth, 2021).

B. Les caractéristiques

Tableau 9. Les caractéristiques de la station de pompage Boulegnafed (SEACO, 2021)

Capacité de service	30 l/s
Débit théorique	1296 m ³ /j
Débit exploité	864 m ³ /j
Puissance	45 KW
HMT	180 m

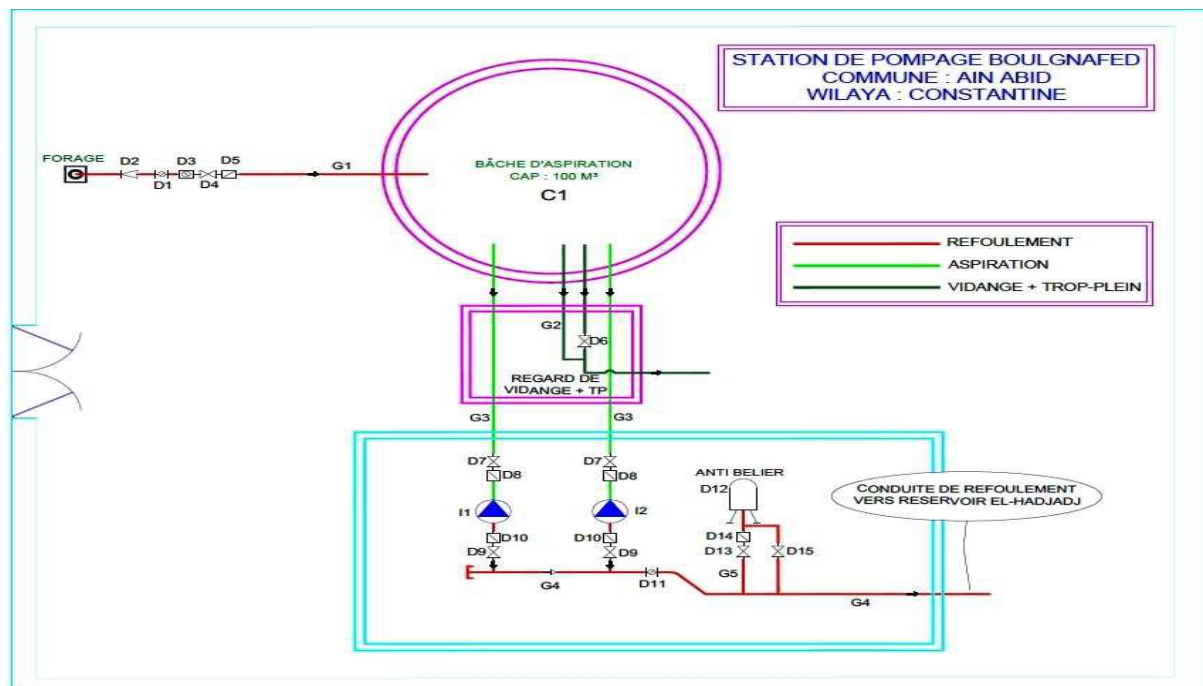


Figure 9. Schéma fonctionnement de la station de pompage Boulegnafed (SEACO, 2021).

II.3.3. Forage Bounouara

A. Localisation

Tableau 10. Localisation de forage Bounouara (SEACO, 2021).

Commune/Agglomération	El Khroub
Zone/Secteur	Sud de l'agglomération d'El Khroub
Propriétaire du terrain	SEACO
Lieu dit	Bounouara
Coordonnée	36° 15' 17' N 6° 41' 12' E

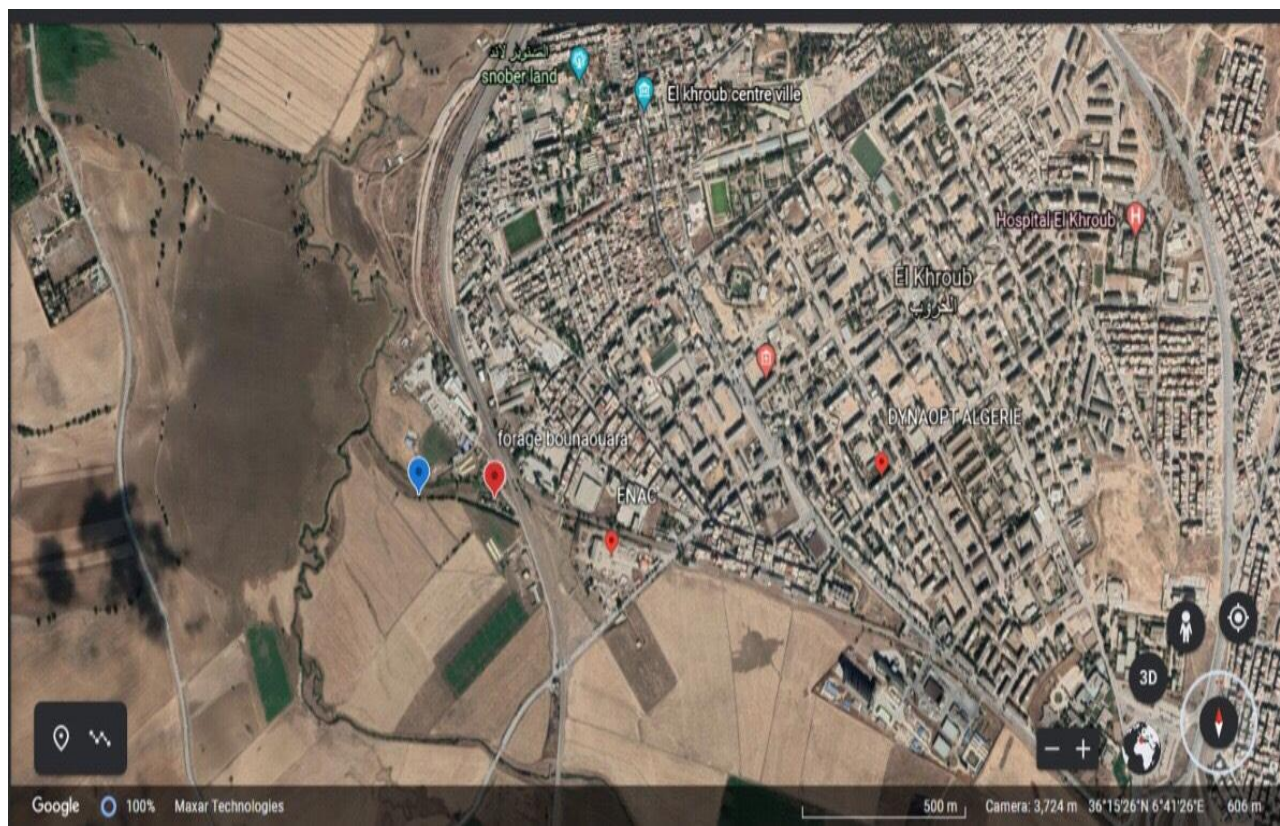


Figure 10. Image satellitaire du forage Bounouara (Google Earth, 2021).

B. Les caractéristiques

Tableau 11. Les caractéristiques de forage Bounouara (SEACO, 2021).

La production moyenne	1500 m ³ /j
Puissance	75 KW
HMT	265 (m)
Débit	25 L/S

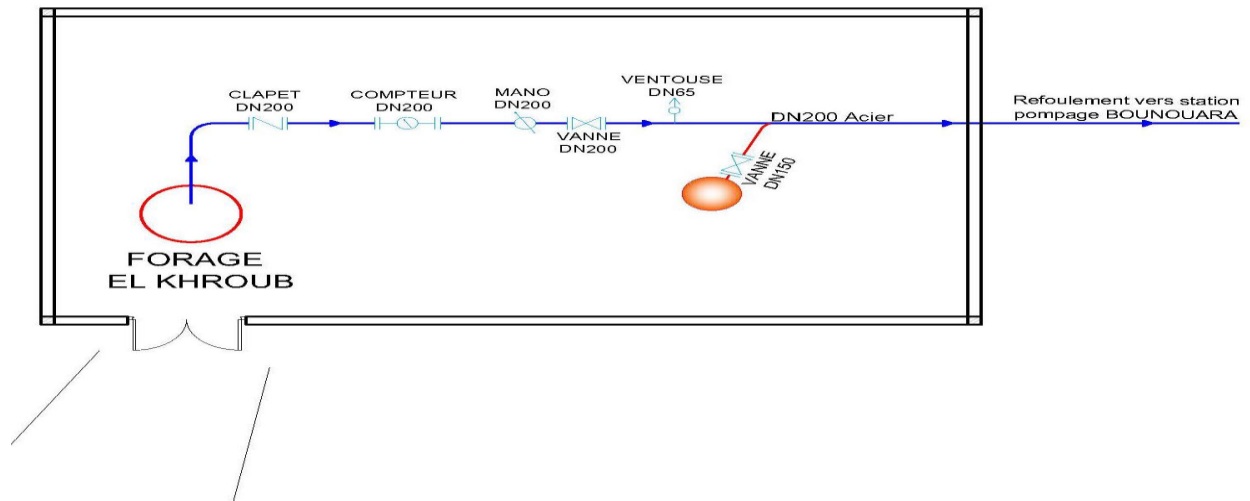


Figure 11. Schéma et plan de fonctionnement (SEACO, 2021).

II.3 .4 . Source Fedj El Farha

A. Localisation

Tableau 12. La localisation de la source Fedj El Farha (SEACO, 2021).

Commune/Agglomération	Béni Hamidène
Zone/Secteur	Nord
Lieu dit	SP Fedj El Farha brute
Propriétaire de terrain	SEACO
Coordonné	36°28'42"N6'32'39"E



Figure 12. Image Satellitaire de la source Fedj El Farha (Google Earth, 2021).

B. Caractéristique

Tableau 13. Les caractéristiques de la source Fedj El Farha (SEACO, 2021).

La capacité de service	7 L/S
Débit théorique	259 m ³ /j
Débit exploité	173 m ³ /j
Puissance	22 KW
HMT	145 m

II.4. Travail sur terrain

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

II.5. Echantillonnage

II.5.1. Choix des sites de prélèvement

Le choix des points de prélèvement permet d'obtenir une image de l'ensemble de la qualité de l'eau de la chaîne de distribution, ce qui permet de suivre l'évolution de la qualité bactériologique de l'eau tout au long du processus. Appliquer de bonnes pratiques d'échantillonnage, car l'échantillonnage est l'une des étapes les plus importantes de l'évaluation de la qualité de l'eau. par conséquent, l'échantillonnage doit être fait avec soin pour éviter toutes les sources possibles de contamination. pour ca :

- Les échantillons doivent être homogènes, collectés et conservés dans de flacons en verre blanc résistant à la chaleur pré-stérilisés
- Le volume prélevé doit être suffisant pour l'analyse bactériologique.
- Les bouteilles doivent être soigneusement marquée, c'est-à-dire comprenant la date et l'heure du prélèvement, le demandeur d'analyse, le lieu du prélèvement, le motif de la demande d'analyse (période d'analyse initiale ou de contrôle, intoxication par la pollution épidémie... etc.) et l'utilisation de l'eau (Rodier et al. 2009).

II.5.2. Calendrier de prélèvement

Les différents prélèvements des échantillons d'eaux ont été effectués avec l'équipe laboratoire SEACO. Le calendrier de prélèvements est représenté dans le tableau 14.

B.C=bactériologique complète B.P=bactériologique partielle

P.C= physico- chimique complet P.P= physico-chimique partielle

Tableau 14. Calendrier de prélèvement.

Date de prélèvement	Lieu de prélèvement	Type de prélèvement
04/04/2021	Forage Bounouara	P.C B.C
05/04/2021	Source Fedj El Farha brute	P.C B.C
22/04/2021	Boulegnafed	P.C B.C
19/05/2021	Source Zaouïa	P .C

II.5.3 .Techniques de prélèvement bactériologique

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

II.5.3.1. Matériel de prélèvement

- Flacons de physico- chimie en polyéthylène, de volume 250 ml, 500 ml et 1 litre.
- Flacons stérilisés en verre pour la bactériologie, de volume 100 ml.
- Les glacières utilisées sont des caisses isothermes, compartimentées, équipées ; accumulateurs de froid permettant de conserver les échantillons au frais.
- La glace peut entraîner la mort de la majorité des germes. Seuls les échantillons destinés à l'analyse des virus peuvent être conservés à une température de - 70°C.

II.5.3.2. Transport et conservation des échantillons

Après prélèvement, le flacon contenant l'échantillon d'eau de prélavage clairement étiqueté sera transporté dans une glacière à 4 à 6 °C avec une notice contenant toutes les informations nécessaires.

Selon l'avis du 21 janvier 1960 relatif à la méthode d'analyse bactériologique des affluents, toutes les analyses ont été effectuées dans les meilleurs délais (**Rodier et al. 2009**).

II.6. Analyse en laboratoire

II.6.1. Analyse Physico-chimique

Le laboratoire physico-chimique contrôle la qualité de l'eau potable en faisant des analyses complètes et partielles.

II.6.1 .1. Analyse complète

II.6.1.1.1. Partie électrochimique

a. Détermination du pH et la température

- Appuyer sur exit pour allumer le pH mètre.
- Rincer l'électrode à l'eau distillée.
- Verser la solution étalon pH=07 dans un bécher.
- Toucher c
- Plonger l'électrode dans la solution pH=10.
- Laisser stabilise
- Enlever l'électrode en la rinçant à l'eau distillée.
- Répéter l'opération de la même façon avec les autres solutions Étalons.
- Toucher Read disque la mesure est stabilisée.

B. Détermination de la conductivité, la salinité et TSD

- Appuyer sur exit pour allumer le conductimètre.
- Rincer l'électrode à l'eau distillée.
- Plonger l'électrode dans un échantillon n°1.
- Laisser stabiliser un moment (la conductivité mesurée).
- Appuyer sur la touche (SeL) pour mesurée la salinité.
- Appuyer sur la touche (DTS) pour mesurée le taux des sels dissous (TSD).

C. Détermination la turbidité

- Allumer le turbidimètre.
- Placer la solution tampon turbe 1 t ; 0.1 NTU.
- Laisser stabiliser 60 secondes.
- Placer l'échantillon.

II.6.1.1.2. partie volumétrique

a. Détermination de la dureté

- Ajouter 50 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 4 ml de la solution NH_4OH afin d'augmenter le pH a 10.
- Ajouter une pince de l'indicateur.
- Vérifier de pH doit être 10-+0,1ajust en avec la solution de NaOH.
- Titrer avec l'EDTA jusque 'au violet au bleu vérifier le titrage par l'ajout d'une goutte. supplémentaire d'EDTA pour changement coloration.

Expression des résultats

$$C1 \times V1 = C2 \times V2$$

$$C1 (\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}) = C2 \times V2 \times 1000 \text{ (mg/l)}$$

V2 : Volume de l'EDTA utilisé pour le Titrage

C2 : Concentration de l'EDTA (mol/L) (0,02N) ou (0,01M)

V1 : Volume de la prise d'essai (50 mL)



Figure 13. Montre l'ensemble des étapes du titrage de la dureté.

C. Détermination du chlorure

- 100 ml d'eau à traiter
- 1ml du réactif de chromate de potassium
- Titrer par le nitrate d'argent (Ag NO_3^-) jusqu'au virage du jaune au brun rougeâtre et vérifier le titrage par l'ajout d'un goutte supplémentaire de nitrate d'argent pour changement de coloration.

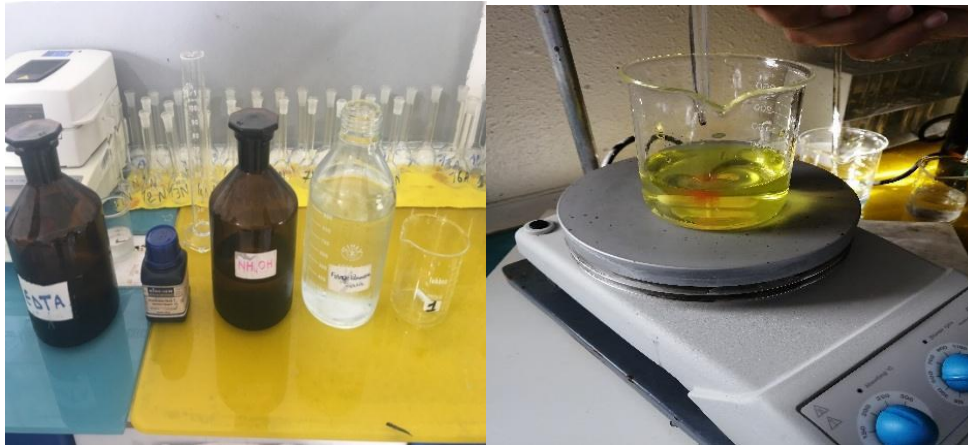


Figure 14. Représentatif de titrage de chlorure.

D. Détermination de la dureté calcique

- Eau analysée 50 ml.
- Ajouter 2ml solution de (NaOH) et une pincée d'indicateur murex ide
- Titrer avec l'EDTA jusque au virage de rose violet.

E. Titre Alcalimétrique (TA)

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

-Mode opératoire

- Prélever 100 ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 1à 2 gouttes de solution alcoolique dans le cas contraire le TA est nul.
- Verser en suite l'acide en agitant constamment jusqu'à décoloration complète de la solution.

F. Titre Alcalimétrique Complet (TAC)

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

-Mode opératoire

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

Expression des résultats

$$\text{TA} = \text{TAC} = V \times N \times 1000/v \text{ (mg mol/l)}$$

V : volume de titrage (HCl).

N : normalité de HCl (0,1 N).

V : volume de la prise d'essai.



Figure 15. Montre l'ensemble des étapes du titrage de titre alcalimétrique complète (TAC).

II.6.1.1.3. Partie spectrophotométrique

La méthode des réactifs prés dosés avec utilisation de la spectrophotométrie moléculaire UV-Visible. Appareil utilisé : **Spectrophotomètre DR 5000 UV-VIS**



Figure 16. Appareil Spectrophotomètre DR 5000 UV.

A. Détermination des sulfates

-Mode opératoire

- Prendre 20 ml d'eau à analyser puis compléter à 100 ml d'eau distillée.
- Ajouter 5 ml de la solution stabilisante.
- Ajouter 2 ml de chlorure de baryum.
- Agiter énergiquement pendant 1 mn.
- Effectuer les lectures au spectrophotomètre a la longueur d'onde de 420nm.

B. Détermination de l'ammonium

-Mode opératoire

- A prendre 40ml d'eau à analyser, contenant jusqu'à 1mg/l NH^{4+} .
- Ajouter 4ml du réactif I.
- Ajouter 4ml du réactif II est ajuster à 50 ml avec H_2O , distillée et attendre 1 h 30 min.
- L'apparition de la coloration verdâtre indique la présence de NH^{4+} .
- Effectuer les lectures au spectrophotomètre a la longueur d'onde de 655 nm.

C. Détermination du potassium

-Mode opératoire

- Pipette (5 ml) solution.
- pipette (1 ml) d'échantillon.
- fermer la cuve et mélanger le contenu en la retrouvons plusieurs fois de suite.
- attendre (5 min) mélanger nouveau bien nettoyer l'extérieur de la couve et mesurer.

D. Détermination de l'Aluminium

-Mode opératoire

- Pipetter 2 ml de la solution A
- Pipette 3 ml d'échantillon
- Doser 1 cuillère rasée de réactif (LCK 301B)
- Fermer la cuve et mélanger le contenu jusqu'a dissolution du lyophilisat.
- Attendre 25 min bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.



Figure 17. Montre le Kit du réactif spécifique aux ions Aluminium par la méthode (LCK301).

E. Détermination des manganèses

-Mode opératoire

- Pipetter 20 ml d'échantillon dans un bécher.
- Pipetter 1 ml de la solution A (LCW 032A).
- Pipetter 1 ml de la solution B (LCW 032B)
- Mélanger, attendre 2 min.
- Pipetter 1ml de la solution c (LCW 032C)
- Mélanger laisser reposer pendant 5 min.
- Mélanger à niveau.
- Transférer dans la cuve rende (LCW 906).
- Bien nettoyer l'extérieur de la cuve mesuré.

F. Mesure des Nitrates (LCK 541)

La méthode utilisée

- Pipeter 1ml de l'échenillant dans la cuve
- Pipeter 0.2 ml de solution A ;
- Boucher la cuve et mettez-le dans l'agitateur puis Attendez 15 min puis mesurer.



Figure 18. Kit du réactif spécifique aux ions nitrate.

G .Mesure des Nitrites (LCK 541)

- Prélever un micro cap A (LCK 541 A) et le placer dans la cuve
- Pipeter 0,5 ml de la solution B (LCK541B)
- Pipeter 0,5 ml d'échantillons
- Faire le mélange bien puis attendez 10 min
- Faire la mesure.



Figure 19. Kit du réactif spécifique aux ions nitrite (LCK 541).

II.6.2. Analyse bactériologique

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

Introduction à l'analyse de qualité de l'eau de boisson, recherche microbiologique les organismes pathogènes présents dans l'eau sont très nombreux et très variés et ne peuvent donc pas faire l'objet d'une recherche spécifique. De plus leur identification est très difficile voire impossible dans le cas des virus car leur durée de vie peut être très courte. Pour ces différentes raisons, il est préalable de rechercher des germes qui sont toujours présents en grand nombre dans la matière fécale des hommes et des animaux à sang chaud et qui se maintiennent plus facilement dans le milieu extérieur. On parle alors des: Germes totaux, Coliformes Totaux, Coliformes fécaux, Streptocoques fécaux et *Clostridium* sulfito-Réducteurs (**Rodier, 2005**).

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

➤ Techniques de prélèvement Bactériologique

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

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

II.6.2.1. Analyse complète

II.6.2.1.1. Recherche des coliformes

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

- elles se trouvent dans les excréments des animaux à sang chaud, y compris les humains ;
- Elles sont facilement détectables et quantifiables par des techniques simples et économiquement viables, sur n'importe quel type d'eau.

II.6.2.1.2. Recherche des Streptocoques

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

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

- le test présomptif sur le milieu solide Slanetz.
- le test confirmatif sur le milieu BEA.

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

II.6.2.1.3. Recherche et dénombrement des *Clostridium*-sulfito-réducteurs

La recherche et le dénombrement des *Clostridium*-sulfito-réducteurs s'effectuent en utilisant la méthode par incorporation en gélose viande-foie.

Les ASR se développant en 24 à 48 heures sur une gélose viande-foie (VF) en donnant des colonies typiques réduisant le sulfite de sodium qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui

en présence de Fe^{2+} donne (sulfure de fer) de couleur noire. Les spores des ASR constituent généralement des indices de contamination ancienne.

II.6.2.2. Analyse partielle

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

Chapitre III

Résultats et discussion

III. Résultats et discussion

Notre objectif consiste à évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines brutes dans la wilaya de Constantine. A cours de cette partie, nous allons présenter nos principaux résultats obtenus tout en les comparants avec les normes algériennes et celles de l’OMS.

Le dosage des paramètres physico-chimiques des quatre ressources a révélé les valeurs mentionnées ci-dessous (Tableau 15).

Tableau 15. Valeurs mesurées des différents paramètres physico-chimiques des eaux souterraines brutes de différents sites étudiés.

Paramètres Physico-chimiques	Forage Bounouara	Forage Boulegnafed	Source Fedj El Farha	Source Zaouïa	Normes Nationales
Ph	6.79	7.14	7.13	7.49	6.5-9
Turbidité (NTU)	1.21	1.1	0.93	0.8	5
Température (°C)	19.1	16.9	16.2	21.2	25
Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1686	828	/	447	2800
Nitrites (mg/l)	0	0.61	0	0	0.1
Nitrates (mg/l)	69.1	69.4	13.8	9.78	50
Chlorures (mg/l)	212.76	53.89	102.83	29.3	500
Dureté totale (mg/l)	550	340	324	184	500
Calcium (mg/l)	192.38	102.6	96.19	68.1	200

III.1. Analyses physico-chimique

III .1.1.Analyse partielle

III.1.1 .1 .pH

La valeur de pH de l’eau affecte les propriétés physique, chimique et bactériologique. L’eau acide peut mobiliser certains métaux du sol et des systèmes de plomberie, augmenter leur biodisponibilité et modifier leur toxicité. Cependant, les

Résultats et discussion

changements de toxicité causées par les changements de pH sont spécifiques à chaque métal et à chaque organisme (CFPTEP, 2015).

Dans le cas de la région d'étude, les valeurs du pH enregistrées ne montrent pas de variations notables. Elles varient entre 6,79 au niveau du Forage de Bounouara et 7,49 à la source de Zaouia (fig 20). On observe que les réservoirs respectent les normes algériennes, qui fixent des valeurs de pH entre 6,5 et 9. Les résultats de ce paramètre ont mis en évidence que la qualité de l'eau au niveau de la région d'étude est excellente.

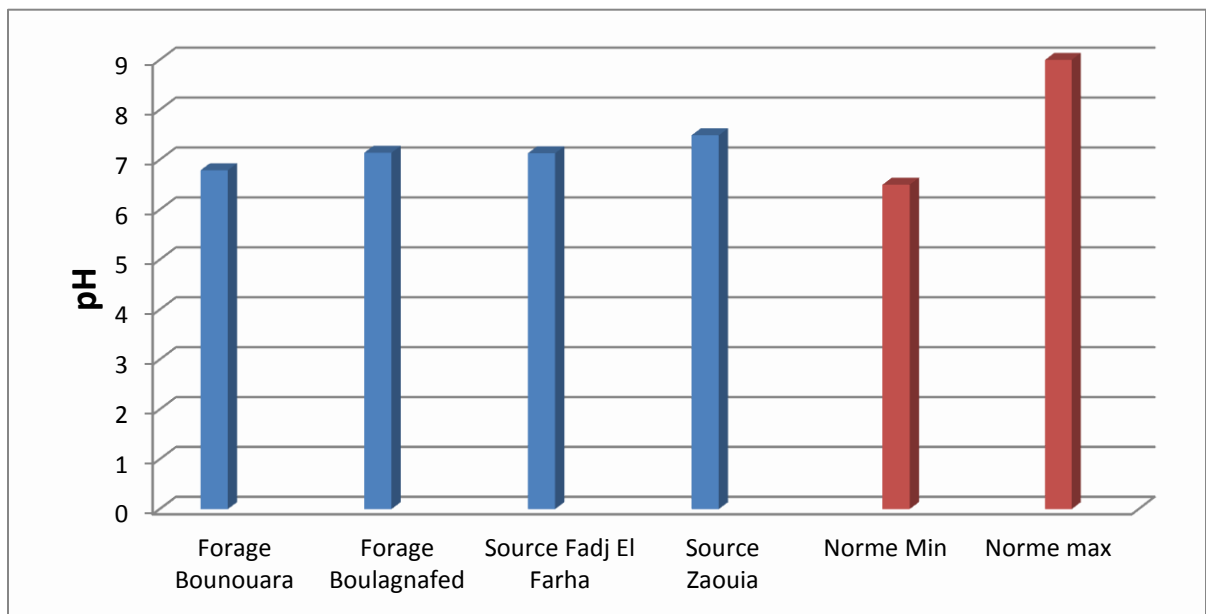


Figure 20. La variation du pH des eaux étudiées.

III .1.1.2.Turbidité

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

Nous remarquons que, pour l'ensemble des quatre sites d'étude, que la turbidité ne dépasse pas le 1 NTU (fig 21).

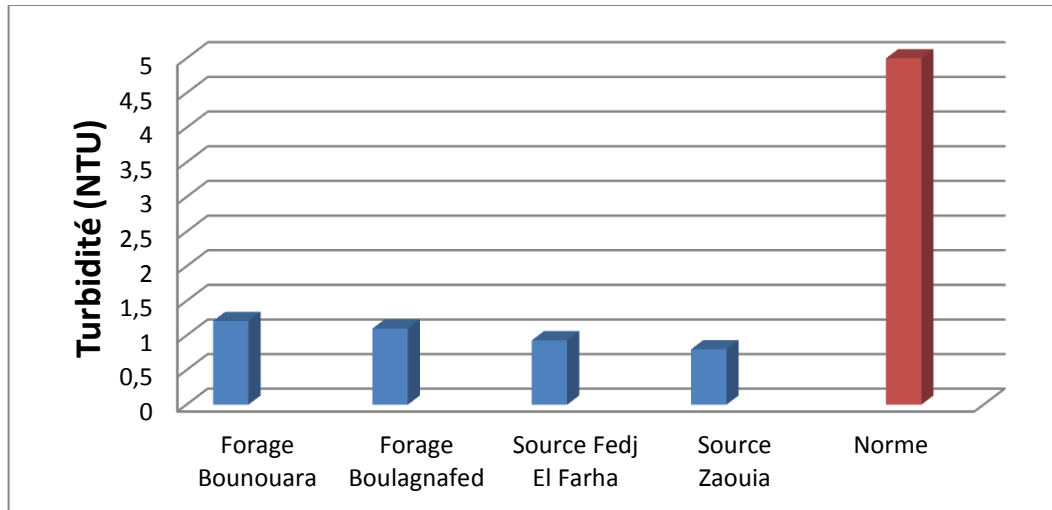


Figure 21. La variation de la turbidité des eaux étudiées.

III.1.1.3. Température

D'après les résultats des températures de l'eau étudiée, nous constatons que la température minimale enregistrée, était de l'ordre de 16.2 °C pour la source Fedj El Farha, cependant une température de l'ordre 16.9 °C au forage Boulegnafed et les autres sites forage Bounouara et la source Zaouïa ont connu des températures maximales de l'ordre de 19,1 °C et 21.2 °C respectivement. Dans le cas des sites d'études les valeurs obtenues restent dans la norme.

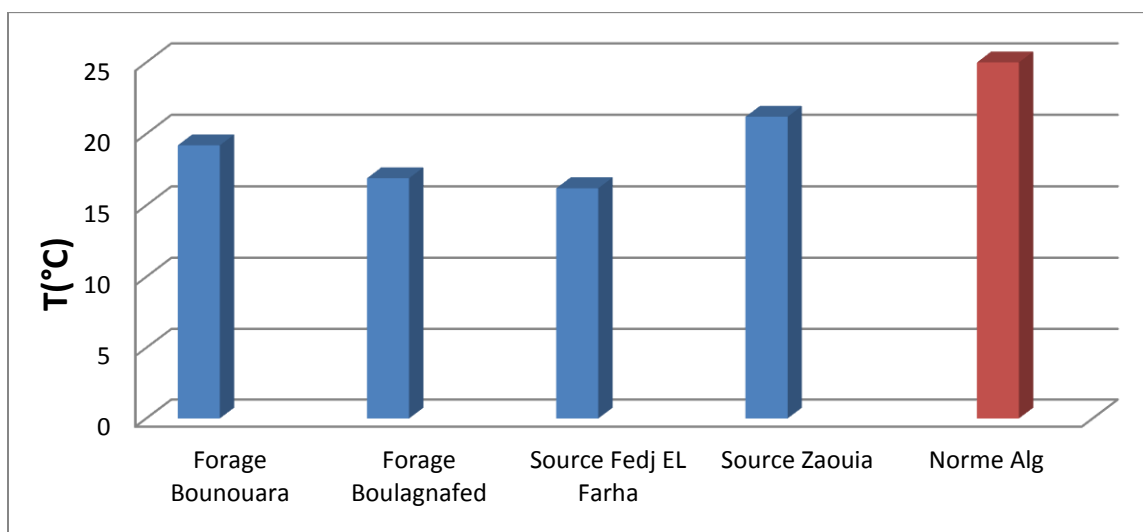


Figure 22. La variation de la température des eaux étudiées.

III.1.1.4. Conductivité électrique

Les résultats obtenus montrent que la conductivité de l'eau de consommation dans les sites est généralement dans la norme. Elles varient entre 447 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 1686 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ces résultats sont conformes aux normes et inférieurs à la valeur limite fixée par la norme algérienne (moins de 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

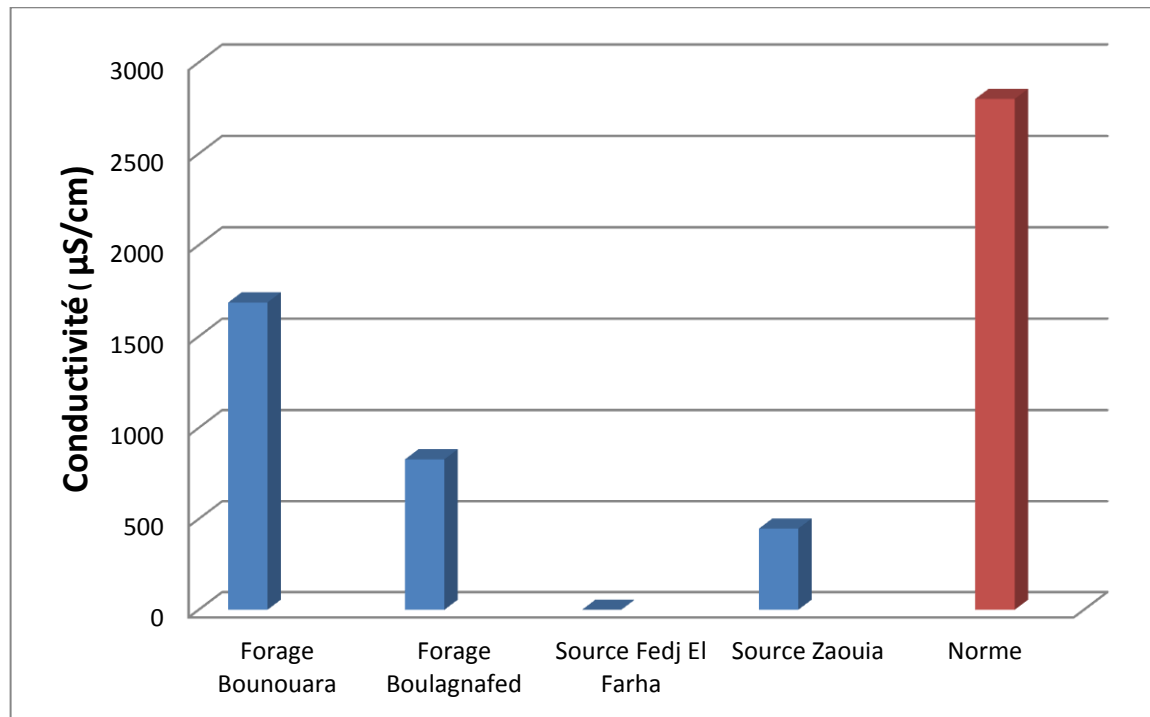


Figure 23. La variation de la conductivité des eaux étudiées.

III.1.2. Analyse complète

III.1.2.1. Nitrite

L'ion nitrite est la base conjuguée de l'acide nitreux. L'acide nitreux est un acide faible instable de formule HNO_2 . Les teneurs en nitrite (NO_2) au cours de notre étude sont relativement élevées. Ces teneurs varient entre une valeur minimale de 0.00 mg/l obtenue pour le forage Bounouara et la source Fedj El Farha et Zaouïa et une valeur maximale de

0.61 mg/l obtenue pour le forage Boulegnafed avec une valeur limite de 0.1 mg/l fixée par les normes.

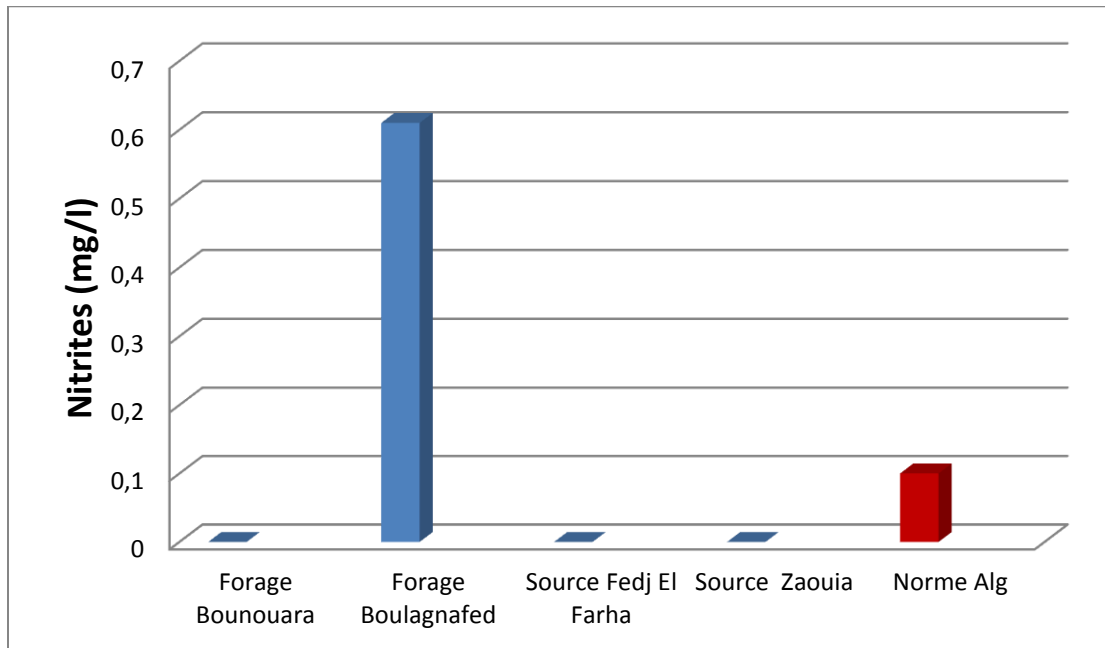


Figure 24. Variations des nitrites dans les eaux étudiées.

Les nitrites dans l'eau proviennent essentiellement soit d'une oxydation incomplète de l'ammonium, la nitrification n'étant pas conduite à son terme, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiant des bactéries. Comparativement aux normes applicables définies dans l'arrêté du 19 Juin 2011 (Journal Officiel de la république Algérienne N° 18) relatives aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine ; l'eau du forage Bounouara et de la source Fedj El Farha et Zaouïa sont conformes, tandis que celle du forage Boulegnafed dépasse de loin la norme en matière de nitrites.

III .1 .2 .2. Nitrate

L'ion nitrate est l'ion polyatomique de formule chimique NO_3^- . En chimie, le nitrate est un composé associant cet anion à un ou plusieurs cations. Autrement dit, c'est un sel ou un ester de l'acide nitrique. En minéralogie, les nitrates sont des minéraux dont la composition chimique est celle d'un nitrate. Le suivi des teneurs en nitrates a permis

Résultats et discussion

d'obtenir les résultats mentionnés dans le tableau, et qui oscillent entre une teneur maximale de (69,1-69,4) mg/l enregistrée au forage Bounouara et Boulegnafed, une valeur moyenne de 13,8 mg/l à la source Fedj El Farha et une valeur minimale de 9,78 mg/l au forage Zaouïa avec une valeur limite de 50 mg/l.

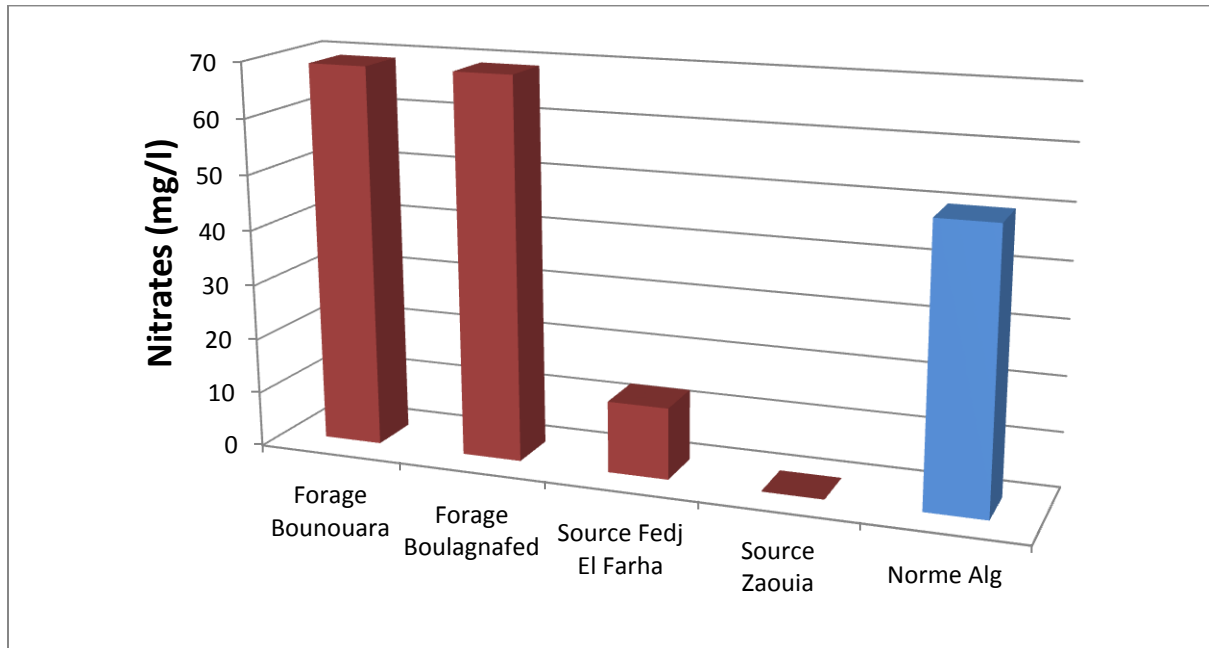


Figure 25. Variation des teneurs en nitrates dans les eaux étudiées.

A l'heure actuelle, le nitrate représente avec les pesticides l'une des principales contaminations des ressources en eau souterraine. Comparativement aux normes applicables définies dans l'arrêté du 19 Juin 2011 (Journal Officiel de la république Algérienne N° 18) relatives aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine, nous concluons que l'eau de la source Fedj El Farha et de la source sont Zaouïa sont conformes. Tandis que, celle du forage Boulegnafed et Bounouara dépasse de loin la norme en matière de nitrates.

III.1.2.3. Dureté totale

La dureté de l'eau consiste en la mesure des teneurs en calcaire et magnésium. Les teneurs dépendent de la nature des couches géologiques avec lesquelles l'eau s'est trouvée en contact durant son acheminement dans le sol. En général, l'eau qui présente une concentration de carbonate de calcium inférieure à 75 mg/l est considérée comme de

Résultats et discussion

l'eau douce; entre 75 et 150 mg/l, on parle d'eau à dureté moyenne; entre 150 et 300 mg/l, d'eau dure; et à plus de 300 mg/l, d'eau à dureté élevée (CFPTEP, 2015).

Les teneurs en dureté montrent des variations s'observant selon le tableau 15 et la figure 28 avec une valeur minimale de 184 mg/l enregistrée à la source Zaouïa. Une valeur moyenne de 340 mg/l a été notée au forage Boulegnafed et la source Fedj El Farha, alors qu'une valeur maximale de 550 mg/l a été enregistrée au forage Bounouara. La valeur limite est fixée à 500 mg/l par la réglementation en vigueur.

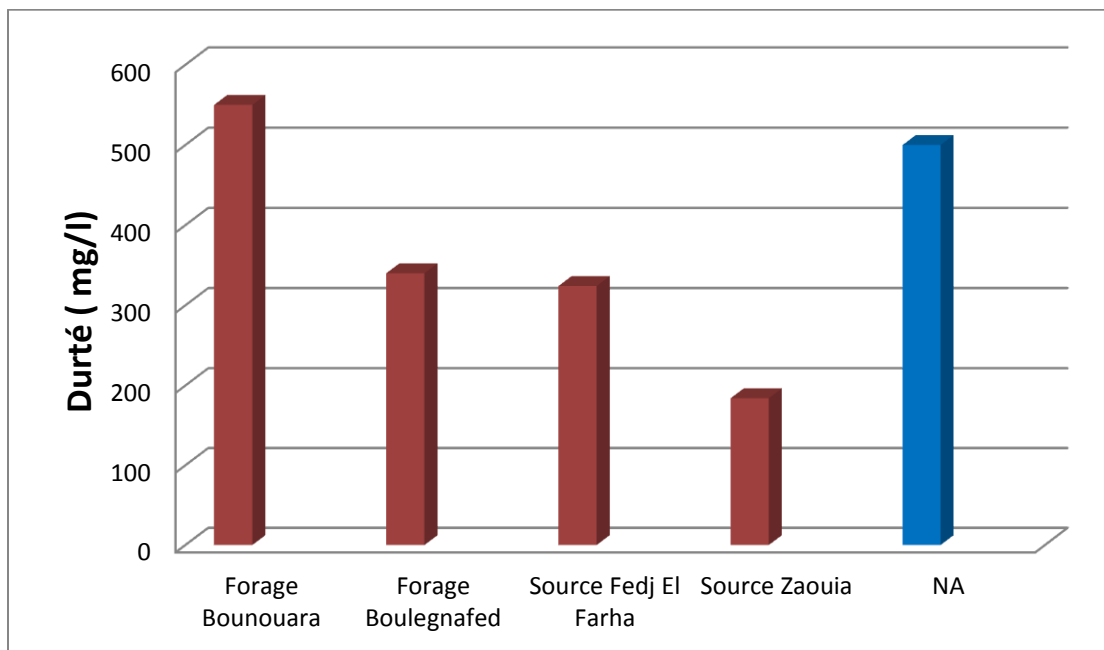


Figure 26. Variation de la dureté dans les sites eaux étudiées.

D'après la figure (26) nous observons que l'eau de la source Fedj El Farha et Zaouia et celle du forage Boulegnafed sont conformes à la norme, tandis que celle du forage Bounouara dépasse la norme en matière de dureté.

III.1.2.4. Les Sulfates

Dans des conditions naturelles, le sulfate est la forme la plus courante de soufre dissous l'eau naturelle à essentiellement deux sources : la géochimie et l'atmosphère (Deliste et Schmidt, 1977). Les teneurs en sulfate montrent des variations remarquables avec une valeur minimale de 2,63 mg/l enregistrée à la source Zaouïa, une valeur moyenne de 94

Résultats et discussion

mg/l au forage Boulegnafed et 286 mg/l source Fedj El Farha, Cependant, une valeur maximale est notée au niveau du forage Bounouara. La valeur limite est de 400 mg/l (JORA, 2011). L'eau de forage Boulegnafed et source Fedj El Farha et Zaouïa sont conformes, tandis que celle de forage de Bounouara dépasse la norme en matière de sulfates.

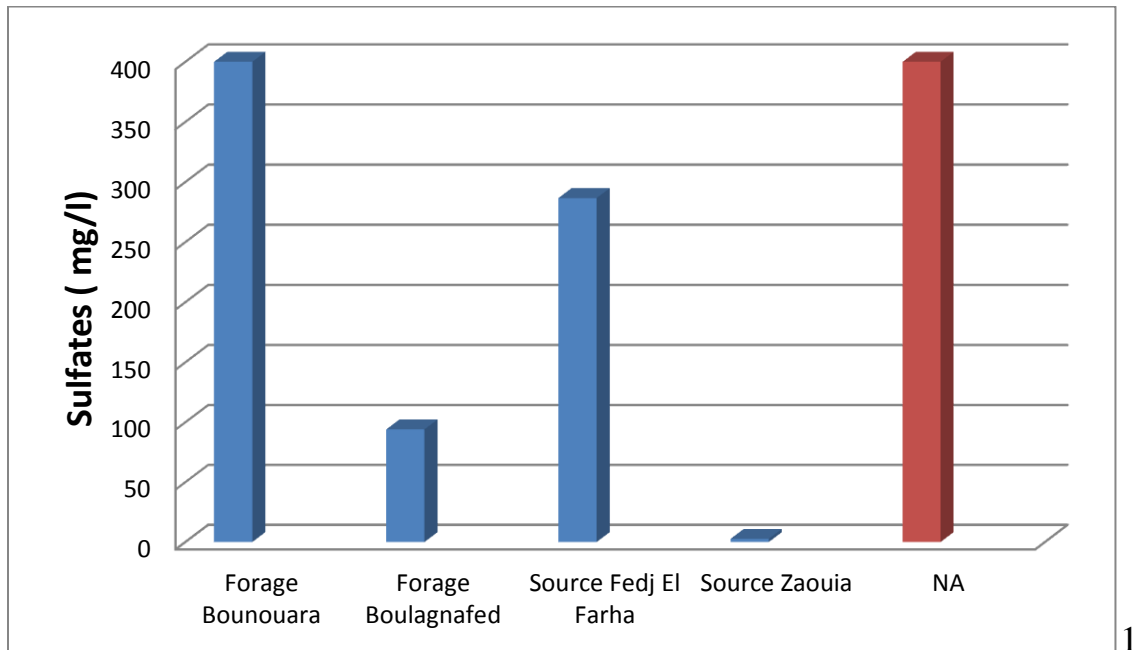


Figure 27: Variation des sulfates dans les sites par étudiés.

III.1.2.5. Calcium

Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés (terrain calcaire ou gypseux) (Rodier et al. 2009).

L'eau potable de bonne qualité renferme de 100 à 140 mg/l de calcium (Rodier, 2005). Le calcium ne peut en aucun cas poser des problèmes de potabilité, Le seul inconvénient domestique lié à une dureté élevée est l'entartrage. Par contre, les eaux douces peuvent entraîner des problèmes de corrosion des canalisations (Gaujous, 1985). Les teneurs en calcium des 4 sites étudiés varient entre 68.1 mg/l et 192.38 mg/l.

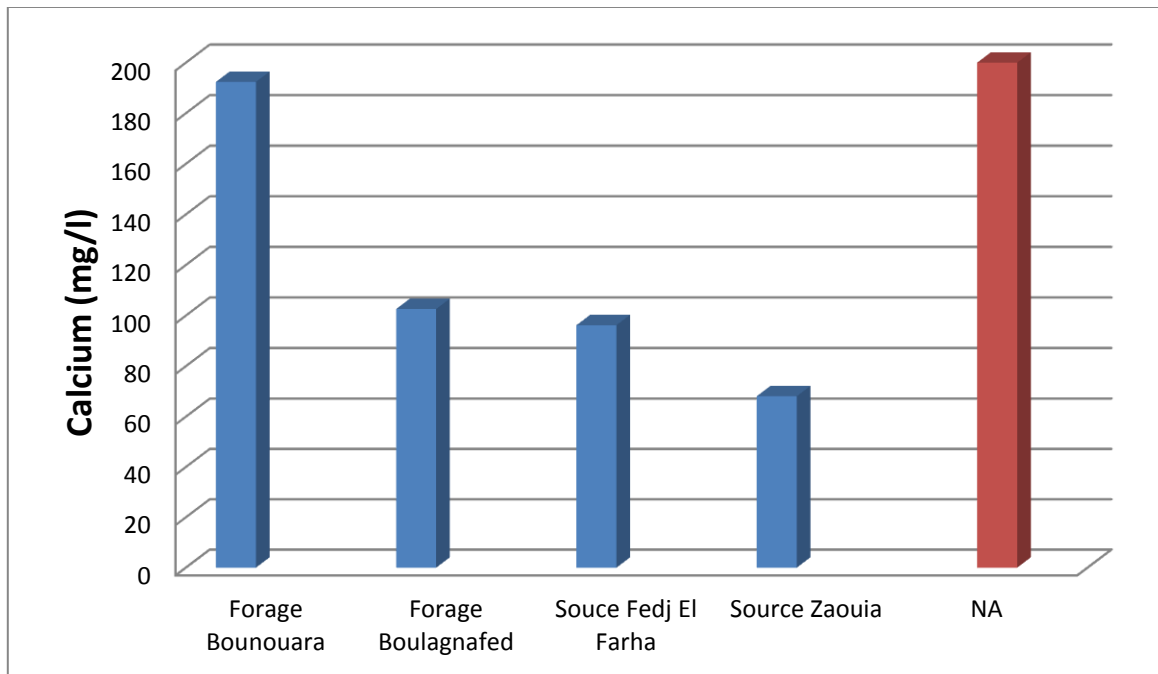


Figure 28. La variation des teneurs en calcium des eaux étudiées.

Dans les stations étudiées et comme il est indiqué sur la figure 28, les résultats obtenus ne dépassent pas les seuils tolérables.

III.1.2.6. Les chlorures

Les résultats montrent que les taux de chlorures dans l'eau consommée dans les sites sont conformes aux normes de notre pays qui fixe une concentration maximale admissible de 500 mg/l (fig 31).

Commun dans la nature, comme le sodium (Na Cl), le potassium (K Cl) et Calcium (CaCl₂). L'eau contient presque toujours des chlorures, mais la proportion est très élevée variable. Quelle que soit la nature de la structure géologique qui la traverse, Le chlorure peut être attribué aux effluents et aux opérations de puits de l'industrie chimique Pétrole, minéral de potasse, fossé de drainage d'irrigation... etc. Plus gros inconvénient Les chlorures sont le goût désagréable qu'ils donnent à l'eau 250 mg/l ou plus parlons du chlorure de sodium (**Rodier, 2005**).

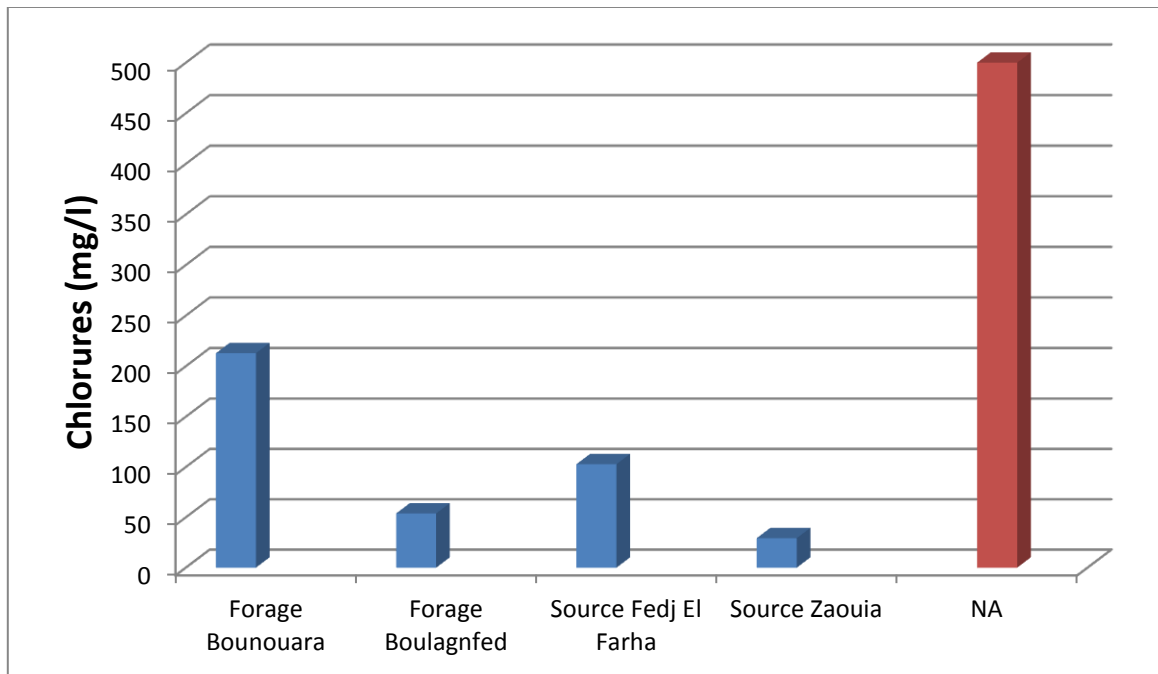


Figure 29. La variation des teneurs en chlorures des eaux étudiées.

III.2. Résultats d'analyses bactériologiques

Tableau 16. Valeurs mesurées des différents paramètres bactériologiques des sites étudiés.

Les sites	Forage Bounouara	Forage Boulegnafed	Source Fedj El Farha	Source Zaouia
Coliformes totaux (CT/100 ml)	20 UFC/ml	36 UFC/ml	12 UFC/ml	/
Coliformes fécaux = <i>E. coli</i> (UFC/100ml)	00 UFC/ml	00 UFC/ml	02 UFC/ml	/
Streptocoques fécaux (UFC/100ml)	00 UFC/ml	00 UFC/ml	00 UFC/ml	/
Anaérobie Sulfite réductrice = ASR/20ml	00 SP/20ml	00 SP/20ml	00 SP/20ml	/

Résultats et discussion

L'analyse bactériologique permet de mettre en évidence la pollution fécale de l'eau. Notre étude est effectuée sur les germes suivant : les Coliformes totaux, les Coliformes fécaux, les Streptocoques fécaux et les *Clostridium* Sulfito-réducteurs (Ayed, 2016)

III.2.1. Coliformes totaux (C T)

Ce groupe hétérogène de coliforme appartient à la famille des entérobactéries et comprend plusieurs genres bactériens qui représentent la flore intestinale normale. Cependant, la plupart des espèces se retrouvent aussi naturellement dans le sol, végétation et aussi dans l'eau. De ce fait, cette analyse n'est pas considérée comme un indicateur de contamination fécale ou de risque sanitaire. La présence de coliformes totaux dans les eaux souterraines peut avoir plusieurs significations dont la croissance bactérienne et une déficience ou une absence de traitement (Williams et al. 2004).

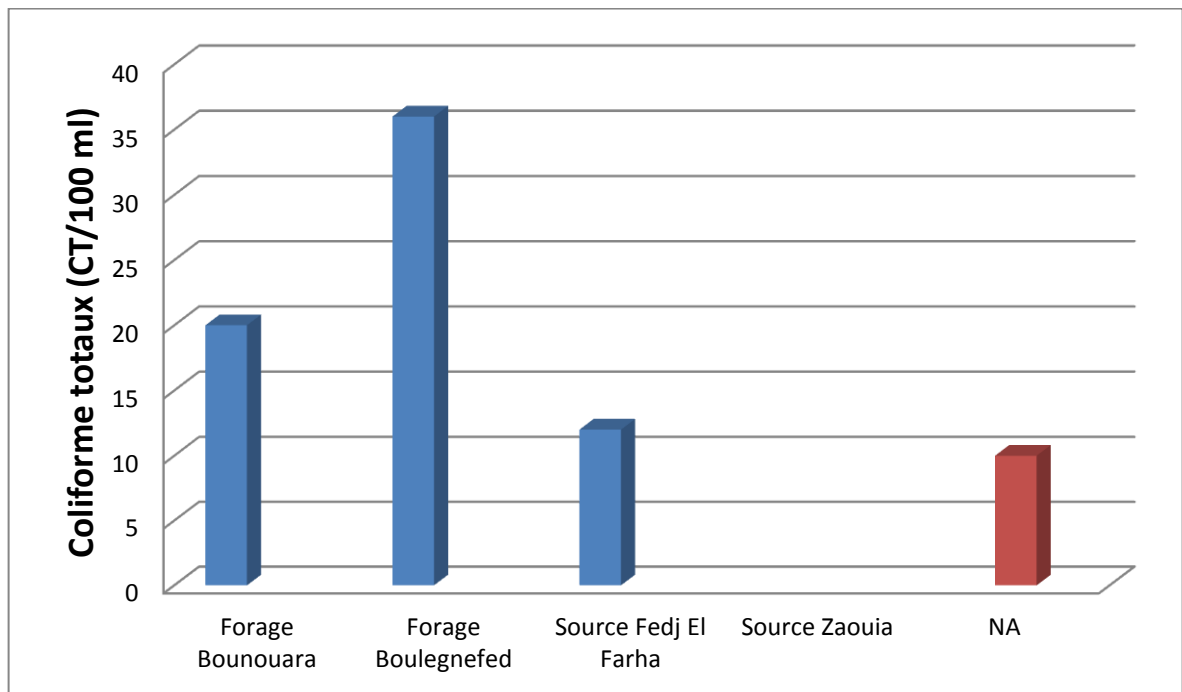


Figure 30 .Variation du nombre de coliformes totaux (n germes /100ml) dans les eaux étudiées.

Résultats et discussion

Selon le tableau 16 et la figure 30, le nombre de coliformes totaux dans les sites est de moyenne 23 UFC/100 ml. Ce taux est inacceptable comparé aux normes définies dans l'arrêté du 19 juin 2011 (journal officiel de la république algérienne N°34) relative aux limites et références des eaux souterraines (< 10UFC/100 ml) (Annexe 3). Dans les sites (forage Bounouara et Boulegnafed, source Fedj El Farha), le nombre de coliformes totaux sont de 20 UFC/100 ml et 36 UFC/100ml et 12 UFC/100 ml respectivement. Ces valeurs sont élevées en comparaison avec les normes algériennes qui exigent que le nombre de coliformes totaux soit inférieur à 10 UFC/100 ml dans les eaux destinées à la consommation humaines (OMS, 1994 ; JORA, 2011).

III.2.2. Coliformes fécaux (C.F)

La présence des coliformes fécaux thermo-tolérants, démontre l'existence d'une contamination fécale d'une eau. La présence d'*Escherichia coli*, indiquant ainsi une pollution fécale récente (OMS, 2004), Tout en sachant qu'*Escherichia coli*, est une espèce des Entérobactéries thermotolérantes capable de dégrader le tryptophane en indole. Elle est considérée comme germe dominant de la flore intestinale des animaux sangs chauds et en particulier les humains, et représente 1 % de la biomasse microbienne (Ayed, 2016).

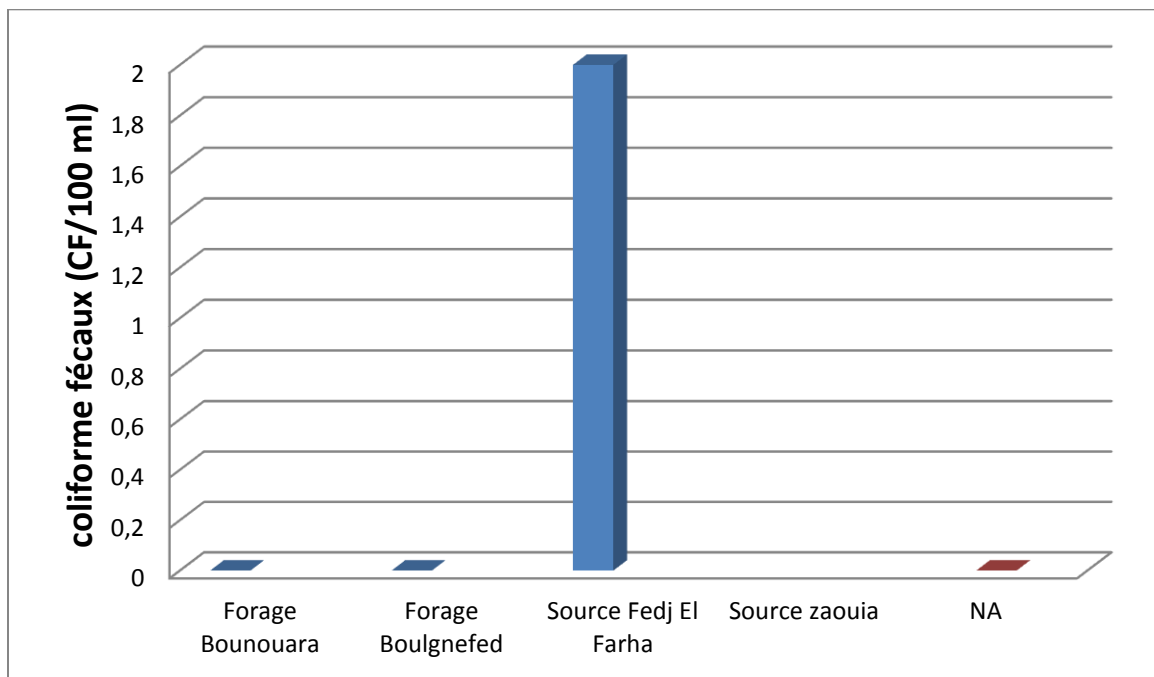


Figure 31. Variation du nombre de coliformes fécaux en *E. coli*/100 ml dans les eaux étudiées.

Le tableau (16) et la figure (31) démontrent que le nombre de coliformes fécaux dans le source Fedj El Farha est de 02 *E. coli*/100 ml, on taux supérieurs aux normes applicables définies dans l'arrête du 9 mars 2014 (Journal Officiel N°13) relative aux limites et références des eaux destinées à la consommation. Par contre, on remarque une absence de coliformes fécaux dans les forages de Bounouara et de Boulegnafed (00 *E coli*/100 ml), ces résultats sont conformes aux normes algériennes d'eau potable (00Ecoli/100ml).

III.2.3. Streptocoques Fécaux (SF)

La figure 32 montre que le nombre de streptocoques fécaux dans les sites des prélèvements est de 00 sf/100 ml. Ce résultat est conforme aux normes applicables.

Les streptocoques fécaux sont des aérobies anaérobies facultatifs faisant partie des indicateurs de contamination fécale mais plus résistants dans le milieu extérieur que les coliformes. Ils sont éliminés dans les excréments des animaux dans les pâturages à la surface du sol, puis transportés à travers le sol dans les eaux des rivières, les lacs et les eaux souterraines (Hamed et al .2012).

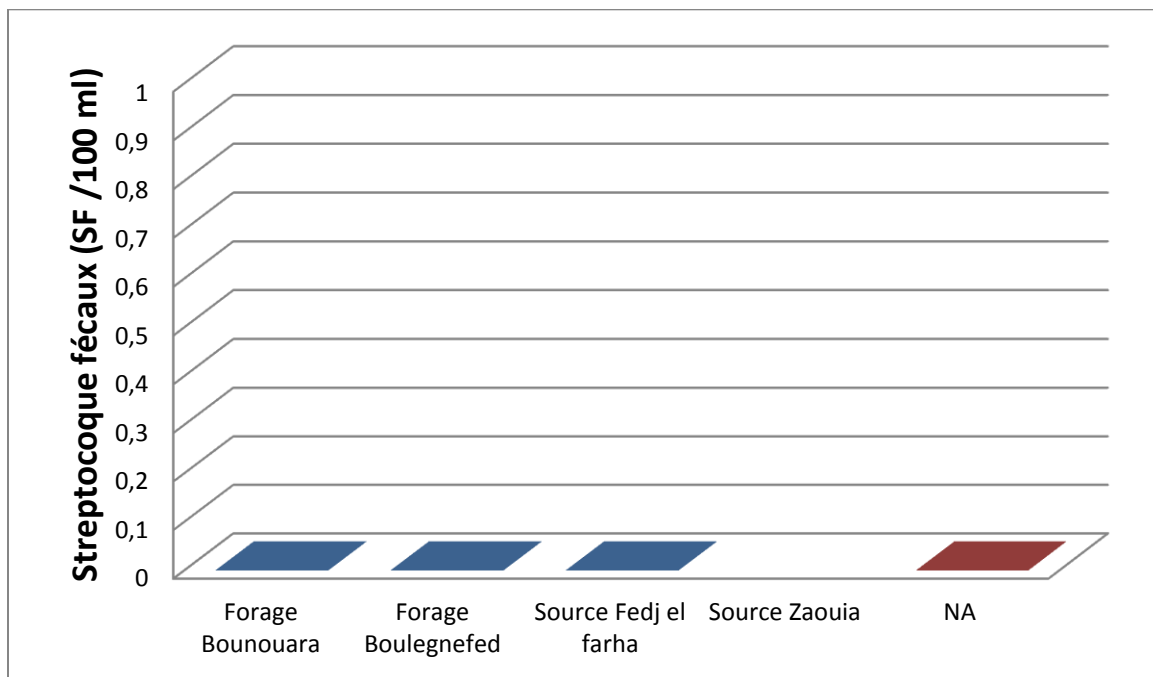


Figure 32. Variation du nombre de streptocoques fécaux dans les eaux étudiées.

III .2.4. *Clostridium* Sulfito-réducteurs (ASR)

Selon le tableau (16) et la figure (33), le nombre de ASR dans les sites (forages Bounouara et Boulegnafed, source Fedj El Farha) est de moyenne 00 Sp/100 ml. L'analyse bactériologique indique l'absence totale de ces germes dans tous les sites qui sont de 00 sp/100ml est ne dépasse pas les normes locales (**JORA, 2011**) et celles de l'OMS (1994) de 00 sp/100 ml.

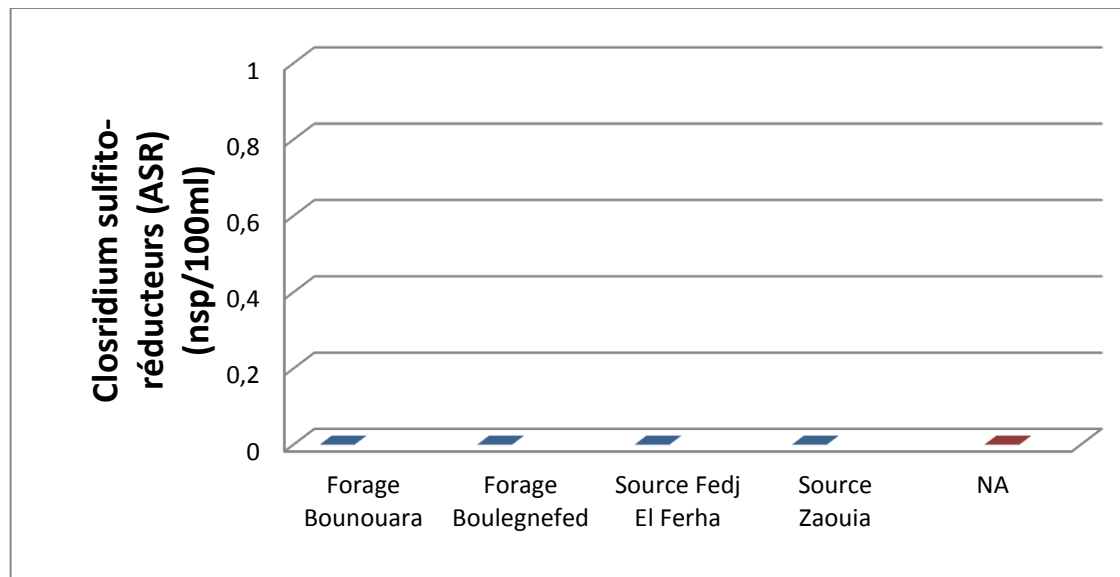


Figure 33. Variations du nombre *Clostridium* Sulfito-réducteurs dans les eaux étudiées.

Les *Clostridium* Sulfito-réducteurs sont des germes capables de sporuler et de se maintenir longtemps dans l'eau. Ils sont donc les témoins d'une pollution ancienne. Plus difficilement tués que les coliformes par les désinfectants, ils constituent donc un bon indicateur de l'efficacité de la désinfection (**Hamed et al. 2012**).

Concernant l'eau potable, cette contamination serait due essentiellement à plusieurs facteurs de variation sur l'environnement des sources et des forages. Nous avons constaté à travers cette analyse, que certains sites étudiés ont enregistré des pollutions en se basant sur des indicateurs de contamination fécale.

Résultats et discussion

Nos résultats sont en accord avec ceux trouvés par (**Bengarnia, 2016 ; Noma, 2017**), qui indiquent que les principaux agents causals sont notamment la mauvaise ou le non-respect des règles d'hygiène et d'aménagement, la mauvaise conception des latrines et des fosses septiques, la mauvaise évacuation des eaux usées, ainsi que la présence des sources de pollution, tels que les dépôts d'ordures et des boues de vidange. Nous avons constaté également à travers cette analyse que les forages et sources étudiées ont enregistré des pollutions. Par ailleurs, nos résultats ne se convergent pas avec ceux trouvés par (**Redjem et Rahmouni, 2018**), qui ont menées une étude similaire sur les aux souterraines dans la région de Hamma Bouziane (Constantine), et qui ont trouvé une bonne qualité de l'eau et aucune contamination par les germes indicateurs de contamination fécale.

Conclusion

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

La composition minérale des eaux dépend généralement des terrains traversés, principalement des différentes couches géologiques. Cette étude a permis une évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines brutes dans la wilaya de Constantine. Les résultats des analyses physico-chimiques dévoilent que les propriétés de l'eau sont généralement bonnes pour l'ensemble des paramètres à l'exception de quatre éléments (nitrates, nitrites, sulfates et la dureté) qui présentent des quantités en excès par rapport aux normes des eaux souterraines.

Les analyses microbiologiques ont révélé une présence des germes pathogènes et des germes de contamination fécale. Le danger de la pollution bactériologique constitue sans aucun doute une menace pour les habitants qui puisent l'eau nécessaire à leurs besoins à partir de ces ouvrages.

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

- Faire un suivi périodique quantitatif et qualitatif de station de pompage.
- Interdire toute réalisation de point d'eau dans les zones à forte exploitation.
- Boucher tous les points d'eau abandonnés et présentant des anomalies d'équipement,
- Sensibiliser les populations et les inciter à déclarer lorsque l'eau sera distribuée aux consommateurs avec une couleur inhabituelle et une odeur désagréable. Avant consommation, et leur rassurer qu'on peut faire reculer toutes les maladies d'origine hydrique.

Conclusion

- Bien gérer les ordures ménagères et mettre en place un réseau d'assainissement pour l'évacuation des eaux usées.

Références bibliographiques

- **Abdelouahab, B. (2006)** : Cirta ou le substratum urbain de Constantine la région, la ville et l'architecture dans l'antiquité (Une étude en archéologie urbaine).
- **Algéo (Alger Géophysique). (1997)** : Etude Géophysique Dans La Plaine De Guelma. Rapport Interne, 28 p.
- **Alouane, H. (2012)** : Evaluation des teneurs en nitrates dans les sols et dans les eaux captées et émergentes en zones à vocation agricole : Impact des nitrates sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine, Mémoire de Magister. Université Mentouri Constantine, p49.
- **Arjen, V. (2010)** : Connaissances des méthodes de captage des eaux souterraines , un manuel d'instruction pour les équipes de forage manuel sur l'hydrogéologie appliquée, l'équipement et le développement des forages, Fondation PRACTICA, Oostende, p10.
- **Aroua, A. (1997)** : L'homme et son milieu. Ed 531/77, p135.
- **Ayed, W. (2016)** : Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région d'El-Harrouche Thèse de doctorat en Sciences. Université 20 Août, Skikda, p156.
- **Benallou, A. (2004)** : Analyse physico-chimique des effluents provenant de la laiterie d'Arib., Mémoire de Master, Centre universitaire de Khemis Miliana. p12.
- **Bengarine, B. (2016)** : Contribution à l'étude et l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de consommation de la région d'oued Es-Saoura cas de Béni- Abbés, Ougarta et Zeghamra, Mémoire de Master en Microbiologie fondamental et appliquée, Université Ahmed Benballa (Oran). p65-67-133.
- **Birech, S. & Messaoudi, I. (2006)** : La contamination des eaux par les métaux cas de chott Ain Beida de la région d'Ouargla. Mémoire d'ingénieur, Université d'Ouargla p.22
- **Bliefert, C. & Perraud, R** : Chimie de l'environnement : air, eau, sols, déchets. p : 271, 290,291.

Références bibliographiques

- **Boeglin J-C. (2001)** : Propriétés des eaux naturelles. Technique de l'ingénieur, traité environnement, G 1110.
- **Bontoux. (1993)** : Introduction à l'étude des eaux douces : qualité et santé, eaux naturelles, eaux usées, eaux de boissons. 2^{ème} édition : Cebedoc. P : 81-82-120.
- **Bosca, C. (2002)**: Groundwater law and administration of sustainable development, Mediterranean Magazine, Science Training and Technology, N° 2, p13-17.
- **Bourbia, A et Talbi, W. (2017)** : Evaluation des paramètres physico-chimique des eaux potable de la station de traitement d'Oued Athmania, Mémoire de Master 2 en Chimie Analytique, Université des Frères Mentouri, Constantine 1, Constantine, Algérie.
- **Boussouf, R. (2012)** : Constantine : D'une ville attractive à une ville répulsive. Laboratoire d'Aménagement du territoire, Université de Constantine, Algérie.
- **Bouziane, M. (2005)** : ementmoire de magister, université Mentouri, Constantine, Algérie. 2005. P 14.
- **Bouziiani, M. (2000)** : L'eau de la pénurie aux maladies, Edition Ibn Khaldoun, (Oran). p247.
- **Briere, G. (2000)** : Distribution et collecte des eaux, 2^{ème} édition : École Polytechnique de Montréal, p299-300.100.
- **Cahier de chloration, (1996)** : Chloration en milieu rural dans les pays en voie de développement Actes de la réunion organisée par le pS-Eau Juin 1996 (réédition 2005), p5-7-8-10-12.
- **Cardot, C. (1999)** : Génie de l'environnement : les traitements de l'eau. Edition Paris. p.9.
- **Castany, G. (1979)** : Principes et méthodes de l'hydrogéologie. Edition Dunod, p45
- **Castany, G. (1982)** : Principes et méthodes de l'hydrogéologie. Edition: Dunod. p .58.

Références bibliographiques

- **CFPTEP. (2015)** : Recommandation pour la qualité de l'eau potable au Canada, <<https://www.canada.ca/content/dam/hcsc/documents/services/publications/healthy-living/guidelines-canadian>-drinking-water-quality-guideline-technical-document-ph-fra.pdf>. Consulté le 19/05/2021
- **Chevalier, P. (2003)** : Coliformes totaux. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec, p4
- **Collin, J. (2004)** : Les eaux souterraines : Connaissance et gestion, HERMANN, Editeurs des sciences et des arts, paris, p27-49.
- **Cuq. J.L, (2007)** : Microbiologie Alimentaire control microbiologique des aliments, Edition Sciences et Techniques du Languedoc, Université de Montpellier 2, Département de Sciences et Technologie des Industries Alimentaires, Montpellier, France.
- **Dajoz, R.** Précis d'écologie. 4ème édition, Gauthier Villars, 1982, p : 525.
- **Debabza, M. (2005)** : Analyse microbiologique des eaux des plages de la ville d'Annaba. Evaluation de la résistance aux antibiotiques des microorganismes pathogènes, Mémoire de Magister en Microbiologie appliquée Université Badji-Mokhtar, Annaba. p23.
- **Degremont. (1989)** : Mémento technique de l'eau, Technique et documentation, tome 1, P 5-24-25.
- **Degremont. (2005)** : «Mémento technique de l'eau », Deuxième édition Tom1, . P 39-50
- **Deliste C.E et Schmidt J.W, (1977):** The effects of sulphur on water and aquatic life in Canada, Conseil Nationalde Recherches, Ottawa. Canada.
- **Delmont, J. (2016)** : Les enjeux de santé liée à qualité de l'eau de boisson dans les pays en développement. Faculté de Médecine de Marseille. Atelier d'information sur la qualité de l'eau dans les projets de développement des services d'eau potable. P.56.

Références bibliographiques

- **Doré, M. (1989):** Chimie des oxydants et traitement des eaux. L'université de Poitiers (E.S.I.P), p : 2,3.
- **Felfoul , R. et Hadjyahya, S. (1999) :** Contribution au traitement des eaux d'oued Boutane (Khemis Miliana) Choix d'un procédé d'épuration. Mémoire de Master, Centre université de Khemis Miliana. p16.
- **Gana, M. (2018) :** Valorisation des potentialités écologiques dans la wilaya de Constantine. Analyse cartographique de la structure des paysages et de la dynamique de l'occupation et l'utilisation du sol par Télédétection et SIG, Thèse de doctorat. p218.
- **Gaujous, D. (1985) :** La pollution des milieux aquatiques: Aide mémoire. Édition: revue et augmenté, p. 49.
- **Genoutdet. (2001) :** L'eau de robinet : de la source au verre. Extrait de dossier de bulletin de l'association médicale Kouzmine internationale
- **Gleeson, C et Gray, N. (1997):** The coliform index and waterborne disease: problems of microbial drinking water assessment, E & FN Spoon, London, p194.
- **GRHMSM. (2011) :** https://www.gov.mb.ca/waterstewardship/odw/public-info/fact_sheets/pdf/fr/factsheet_drinking_water_program_fr.pdf. Consulté: le 25/05/2021.
- **Grosconde, G. (1999) :** Un point sur l'eau (l'eau milieu naturel et maitrise), Tome 1^{ème} Edition., Inra, Paris. p17-18.
- **Hamed, M et Guettache, A et Bouamer, L. (2012) :** Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du Barrage Djorf-Torba Bechar. Mémoire d'Ingénieur d'état en Biologie, Université des Sciences et Technologies Béchar, Béchar, Algérie, p18.
- **Hawa, S. (2001) :** Analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S des eaux de consommation de la Ville de Bamako. Université de Bamako. p21.
- **Hélène, R. (2000) :** Qualité microbiologique des eaux brutes distribuées par BRL : Exigences et conception d'un suivi adapté. Mémoire de l'Ecole Nationale de Santé publique, France. p81.

Références bibliographiques

- **Joel, G. (2003)** : La qualité de l'eau potable, technique et responsabilités. Paris, France.p 65.
- **John, P. et Donald, A. (2010)** : Microbiologie, 3^{ème} Édition, p1216.
- **JORA, (2011)** : Décret exécutif n° 11-125, qualité de l'eau de consommation humaine, Imprimerie Officielle, Les Vergers: Bir -Mourad Raïs, Alger, Algérie, p25.
- **Julien, M. (2007)** : Un point sur l'eau (l'eau milieu naturel et maitrise), Tome 1éme Edition., Inra, Paris, p17-18
- **Kahoul, M. & Touhami, M. (2014)** : Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux de consommation de la Ville d'Annaba. Larhyss Journal, 19 : 129-138.
- **Kankou, M. (2004)** : Vulnérabilité des eaux et des sols de la rive droite du fleuve Sénégal en Mauritanie : Thèse de doctorat : étude en laboratoire du comportement de deux pesticides, Université de Limoges, p159.
- **Khelili, R et Lazali, D. (2015)** : Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage Harraza (Wilaya de Ain Defla). p10
- **Kirkpatrick, k et Fleming, E. (2008)** : La qualité de l'eau, ROSS TECH 07/47, p12.
- **Kourchi. (2010)** : Achèvement du système d'épuration de la ville de Draa el mizan. Mémoire fin d'étude UMMTO. p27.
- **Larpent, J. (1997)** : Microbiologie alimentaire Technique de laboratoire. Ed. Technique et documentation-Lavoisier, Paris, 1073p
- **Lefèvre. (1991)** : Les analyses d'eau avec les tests prêts à l'emploi: la potabilité de l'eau, les eaux piscicoles, l'eau des piscines, laboratoire Merck-Clevenot.
- **Leyla, G et Ronnefoy, C et Guillet, F** : Microbiologie et qualité des industries agroalimentaire, Paris (2002)
- **Liu , F et Mitchell, C et Odom, J et W, Hill D.T et Rochester E.W. (1997)** : Swine lagoon effluent disposal by overland flow: effects on forage production and uptake of nitrogen and phosphorus. Agronomy Journal, 89 900-904.

Références bibliographiques

- **Loumi et Yefsah. (2010)** : Valorisation des eaux usées traitées en irrigation ; cas de la station d'épuration Est de T.O. Mémoire d'ingénieur UMMTO p 134
- **Mahamat, B et Beskri, A. (2010)** : Caractéristique physico-chimique des eaux souterraines dans la plaine de Khemis Miliana, Mémoire fin d'étude. Centre université de Khemis Miliana. p42.
- **Maiga, A. (2005)** : Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'EDM.SA dans la ville de Bamako évaluation saisonnière, Thèse de Doctora . Bamako (Mali), p77.
- **Makhoukh, M. (2011)** : Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya.(Maroc).p46
- **Masschelein, W (1996) et Hordé, P (2014)** : Processus unitaire du traitement de l'eau potable, Edition CEBE, DOC spillége, p181-345 ; Gastro-entérite aiguë : Symptômes et traitement, santé médecine, p19.
- **Mbongo. (2015)** : Etude des déterminants des maladies hydrique chez les enfants de 0 a 05 ans.Mémoire de licence, université pédagogique national. p52.
- **Menad, K et Metadjer. (2012)** : Traitement des eaux saumâtre par l'osmose inverse cas de l'eau de Khemis Miliana. Université Khemis Miliana.p14.
- **Merouani, M et Bouguedah, A. (2013)** : Etude de la pollution chimique et la vulnérabilité alla pollution des eaux souterraines de la cuvette d'OUARGLA. Mémoire master. Université KASDI MARBAH Ouargla, p59.
- **Merzoug, D et al. (2010)** : Faune aquatique et qualité de l'eau des puits et sources de la région d'Oum-El-Bouaghi (Nord-Est algérien), Hydroécol Applied, p77-97.
- **Moussa Noma, I. (2017)** : évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux des forages a usage particulier et semi-industriels à Ouagadougou, Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, Mémoire Master d'eau et assainissements. (BURKINA FASO)
- **Myrand, D. (2008)** : Guide technique : captage d'eau souterraine pour des résidences isolées,Québec, p04.

Références bibliographiques

- **N'diaye. (2002)** : Etude bactériologique des eaux de boissons vendues en sachet dans quatre communes d'Abidjan, Thèse de Doctorat. Université de Bamako Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odonto-Stomatologie (Mali), p180.
- **Nguengar, N. (2011)** : Accès à l'eau potable et à l'assainissement ; quels enjeux pour la santé dans les quartiers précaires. Etude appliquée au quartier Gamkallé de la commune IV de Niamey au Niger. Mém. Master. Univ. Abdou Moumouni de Niamey, Niger.
- **OMS. (1994)** : Directives de qualité pour l'eau de boisson; volume 1, recommandations, Organisation mondiale de la Santé, 2ème édition, p 202.
- **OMS. (2000)** : Directives de qualité pour l'eau de boisson; volume 2, critères d'hygiène et documentation à l'appui, 2ème édition, p1050.
- **OMS. (2011)** : Directives de qualité pour l'eau de boisson. Quatrième édition. Publication Organisation mondiale de la Santé. Genève, Suisse. 307-447.
- **Ouali. (2001)** : Traitement des eaux, Ed office des publications universitaires, Alger.
- **Pdau. (2010)** : La révision du Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme.
- **Piar Roux, R. (2002)** : Le choléra : épidémiologie et transmission, Expérience tirée de plusieurs interventions humanitaires réalisées en Afrique, dans l'Océan Indien et en Amérique Centrale, Bull Soc Pathol Exot 95(5) : 345-350
- **Ramade, F. (1984)** : Eléments d'écologie-écologie fondamentale. Ed Mac Graw-Hill. Paris, 397p
- **Redjem, F. & Rahmouni, R. (2018)** : Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux distribuées dans la commune de Hamma Bouziane (Wilaya de Constantine). Mémoire de Master 2 en Ecologie Fondamentale et Appliquée. Université des frères Mentouri Constantine 1.
- **Rejal, O** : « Vers un développement urbaine durable: phénomène de profération des déchets urbaine et stratège de préservation de l'écosystème cas de Constantine ». Mé1, p40

Références bibliographiques

- **Rejsek, F. (2002)** : Analyses des eaux, les aspects réglementaires et techniques. Edition Scérén CRDP AQUITAINE. Bordeaux. p 109.
- **Renald,M.(2003)**: Le puits , Révision de la numérotation des règlements, développement durable, environnement et parcs, Québec, p52.
- **Rodier, J et al. (2009)** : L'analyse de l'eau, 9ème édition, Ed. Dunod, p1579.
- **Rodier, J. (2005)** : L'analyse de l'eau, Eaux résiduaires, Eaux de mer. 8ème édition. Dunod. Paris, p .1383 ,1479.
- **Sahraoui, N. (2015)** : Etude de la cohérence entre la vulnérabilité à la pollution de la qualité des eaux souterraines plaine Khemis Miliana. Mémoire de Master en Eau et Bioclimatique. Université Khemis Miliana. p32.
- **Sari, H. (2014)** : Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source (Attar) (Tlemcen). Mémoire de Master en Sciences des aliments. Université Abou-Bakr Belkaid, Tlemcen. p36
- **Schoeller, H-J. (1975)** : Pollution des Eaux. Souterraines. Proceedings of the Moscow Symposium,; Actes du Colloque de Moscou, IAHS-AISH Publ. No. 103.
- **Schwartzbrod, L. (2000)** : virus humains et sante publique : conséquences de l'utilisation des eaux usées et des boues en agriculture, centre collaborateur OMS pour les microorganismes dans les eaux usées, Faculté de Pharmacie, Nancy, France, p292
- **Seghir, K. (2008)** : Vulnérabilité à la pollution, protection des ressources en eaux et gestion active du sous-système aquifère de Tébessa Hammamet (Est Algérien), Thèse de Doctorat .en Sciences de La Terre. Université Badji Mokhtar, Annaba, Algérie. p158.
- **Williams, M et al. (2004)**: Phylogenetic diversity of aqueous microorganisms separated after the advanced tertiary of tap water. Vol 36, p184–189.
- **Zerhouni. (1991)** : Recherche d'une méthodologie adaptée à l'étude des zones à risque de contamination fécale des eaux de consommation sur la ville de Tlemcen : Essai cartographique. Mémoire de Master en Biologie, Université Abou Bakr Belkaid, Tlemcen. p24.

Annexe 1

Mode opératoire de coliformes totaux et les coliformes fécaux

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

Mode opératoire de streptocoques fécaux.

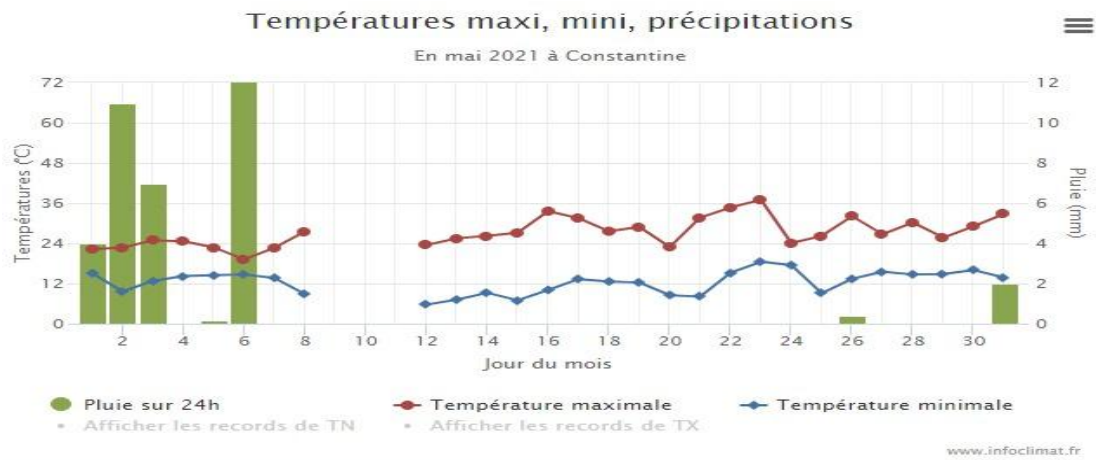
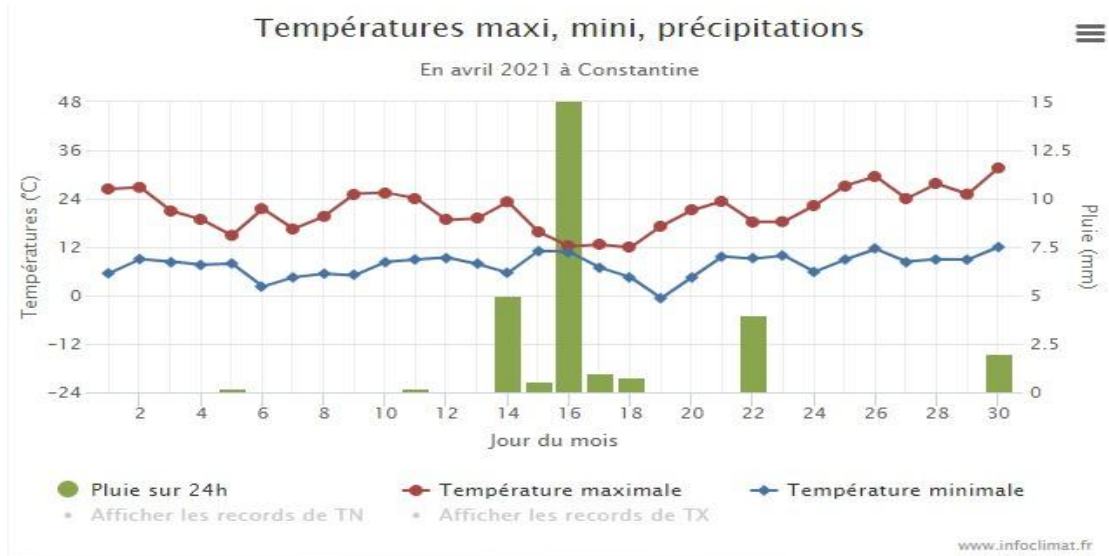
Matériels et réactifs	Mode opératoire
<ul style="list-style-type: none"> -Une rampe de filtration (entonnoir 100ml) -Pompe à vide -Filtres à membrane de (0 ,45um) -Bec Bunsen -Boites de pétri -Milieu de culture Slanetz. -Milieu de repiquage BEA. - pince. - Flacon d'échantillon. - Incubateur. 	<p>Le teste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

Mode opératoire de *Clostridium-sulfito* réducteur.

Matériels et réactifs	Mode opératoire
<p>-Bain marie -Bec Bunsen -Tubes à essai -Milieu de culture viande-foie, -Flacons d'échantillons. -Incubateur.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Après l'avoir homogénéisé soigneusement l'échantillon de 10 ml d'eau est introduit dans un tube stérile, ce dernier est placé au bain marie à 80°C pendant 10 minutes, puis refroidi rapidement sous l'eau du robinet dans le but de détruire toutes formes végétatives des ASR éventuellement présentes, ensuite répartir le contenu de ce tube dans 4 tubes stériles, à raison de 1ml par tube. • Préparation du milieu On place le flacon du milieu Viande-foie au bain marie bouillant pour assurer la fusion du milieu (régénération du milieu) et l'élimination des gaz dissous. Puis, on le refroidi à environ 45°C par passage sous l'eau du robinet. Le milieu est ainsi prêt à l'emploi. • Inoculation et incubation, - Répartir l'eau traitée dans 4 tubes stériles, à raison de 1 ml par tube. - Couler dans chacun d'eux 20 ml de gélose VF, additionnée de 20 gouttes (1ml) de la solution de sulfite de sodium et 4 gouttes de la solution d'alun de fer. - Enfin, homogénéiser le contenu doucement sans incorporer de bulles d'air ; Laisser solidifier sur la paillasse pendant 30 minutes environ, puis incubé à 37°C pendant 24 à 48 h.

Annexe 2

Données climatologiques de Constantine en mois Avril et Mai 2021 par type de station METAR/SYNOP (Infoclimat, 2021)




Annexe 3

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


Annexe 4

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

Annexe 5

Département			<u>6/05/2021</u>	
Service				
<u>Analyse complète</u>				
Lieu de prélèvement	<i>Forage Bounaouara</i>			
Origine	<i>Forage Bounaouara</i>			
Date de prélèvement:	<i>04/054/2021</i>			
Prélevé par:	<i>Mme Amiar</i>			
Analyse effectuée par :	<i>Mme Derouiche</i>			
But de l'analyse	<i>Auto contrôle</i>			
Paramètres Physico-chimiques	Résultats	Unités	Normes	Observation
<i>Chlore total</i>	<i>/</i>	<i>mg/l</i>	<i>0,1-0,6</i>	
<i>pH</i>	<i>6,79</i>		<i>6.5-9</i>	
<i>Turbidité</i>	<i>1,21</i>	<i>NTU</i>	<i>5</i>	
<i>Température</i>	<i>19,1</i>	<i>C°</i>	<i>25</i>	
<i>Conductivité</i>	<i>1686</i>	<i>µs/Cm</i>	<i>2800</i>	
<i>Salinité</i>	<i>839</i>	<i>mg/l</i>		
<i>Ammonium</i>	<i>0</i>	<i>mg/l</i>	<i>0.5</i>	
<i>Nitrites</i>	<i>0</i>	<i>mg/l</i>	<i>0,1</i>	
<i>Nitrates</i>	<i>69,1</i>	<i>mg/l</i>	<i>50</i>	
<i>Matière Organique</i>	<i>1,23</i>	<i>mg/l</i>	<i>5</i>	
<i>Chlorures</i>	<i>212,76</i>	<i>mg/l</i>	<i>500</i>	
<i>Calcium (Ca²⁺)</i>	<i>192,38</i>	<i>mg/l</i>	<i>200</i>	
<i>Dureté totale (TH)</i>	<i>550</i>	<i>mg/l</i>	<i>500</i>	<i>Excès</i>
<i>TA</i>	<i>0</i>	<i>mg/l</i>	<i>5</i>	
<i>TAC</i>	<i>366</i>	<i>mg/l</i>	<i>500</i>	
<i>Sulfates</i>	<i>>>>></i>	<i>mg/l</i>	<i>400</i>	<i>Excès</i>
<i>Fer</i>	<i>0,02</i>	<i>mg/l</i>	<i>0,3</i>	
<i>Magnesium</i>	<i>47,5</i>	<i>mg/l</i>	<i>150</i>	
<i>Couleur</i>	<i>0</i>		<i>15</i>	
<i>Phosphates</i>	<i>0,12</i>	<i>mg/l</i>	<i>5</i>	
<i>Résidu sec</i>	<i>960</i>		<i>2000</i>	
Conclusion	<i>Eau de bonne qualité physico-chimique</i>			
	<i>Un excès de sulfate et dureté causé par la nature de la nappe</i>			
P/Chef de service		P/Chef de Département	Qualité	
<i>Mme Ait Abdesselam</i>		<i>Amiar</i>		

Annexe 6

Départ.		7/04/2021		
Service				
<i>Analyse complète</i>				
Lieu de prélèvement	<i>SP Fadj Farha brute</i>			
Origine	<i>Source Fadj Farha brute</i>			
Date de prélèvement:	<i>5/4/21</i>			
Prélevé par:	<i>Mr Zamouche</i>			
Analyse effectuée par :	<i>Mme Derouiche et Mme Bousouf</i>			
But de l'analyse	<i>Réclamation d'une nappe trouble</i>			
Paramètres Physico-chimiques	Résultats	Unités	Normes	Observation
<i>Chlore total</i>	<i>/</i>	<i>mg/l</i>	<i>0,1-0,6</i>	
<i>pH</i>	<i>7,13</i>		<i>6.5-9</i>	
<i>Turbidité</i>	<i>0,93</i>	<i>NTU</i>	<i>5</i>	
<i>Température</i>	<i>16,2</i>	<i>C°</i>	<i>25</i>	
<i>Ammonium</i>	<i>0</i>	<i>mg/l</i>	<i>0.5</i>	
<i>Nitrites</i>	<i>0</i>	<i>mg/l</i>	<i>0,1</i>	
<i>Nitrates</i>	<i>13,8</i>	<i>mg/l</i>	<i>50</i>	
<i>Matière Organique</i>	<i>0,78</i>	<i>mg/l</i>	<i>5</i>	
<i>Chlorures</i>	<i>102,83</i>	<i>mg/l</i>	<i>500</i>	
<i>Calcium (Ca²⁺)</i>	<i>96,19</i>	<i>mg/l</i>	<i>200</i>	
<i>Dureté totale (TH)</i>	<i>324</i>	<i>mg/l</i>	<i>500</i>	
<i>TA</i>	<i>0</i>	<i>mg/l</i>	<i>5</i>	
<i>TAC</i>	<i>384,3</i>	<i>mg/l</i>	<i>500</i>	
<i>Sulfates</i>	<i>286,6</i>	<i>mg/l</i>	<i>400</i>	
<i>Phosphates</i>	<i>0</i>	<i>mg/l</i>	<i>5</i>	
<i>Couleur</i>	<i>0</i>		<i>15</i>	
<i>Fer</i>	<i>0</i>	<i>mg/l</i>	<i>0,3</i>	
<i>Magnesium</i>	<i>106</i>	<i>mg/l</i>	<i>150</i>	
<i>Résidu sec</i>	<i>880</i>		<i>2000</i>	
Conclusion				
<i>Eau de bonne qualité physico-chimique</i>				
Chef de service	<i>Chef de Département Qualité</i>			
<i>Mme Ait Abdesselam</i>				

Annexe 7

Constantine le 06/05/2021

BULLETIN D'ANALYSES BACTERIOLOGIQUES Complète

Date des prélèvements : 04/05/2021
Prélèvements effectués par : M^{me} Boukous + M^{me} Amiar.
Analyses effectuées par : M^{me} Hammouda Lilia.
Commune : Khroub/Sud01
Origine du prélèvement : Forage Bounouara
But d'analyse : Contrôle des eaux brutes.

<i>Adresse et lieu de prélèvement</i>	<i>Cl2 mg/l</i>	<i>CT/100ml</i>	<i>E- Coli/ 100ml</i>	<i>SF/100ml</i>	<i>ASR/20ml Conclusion (Spores)</i>
Forage Bounouara	/	20UFC/100ml	00UFC/100ml	00UFC/100ml	00Sp/20 ml BQB

CT : Coliformes Totaux
E-Coli : Escherichia Coli
SF : Streptocoques Fécaux
ASR : Anaérobie sulfite réductrice
BQB : Bonne Qualité Bactériologique
MQB : Mauvaise qualité Bactériologique

Chef De Service
Chef De Département Qualité

Présenté par: **Bensalah yasmine**
Benzitoune rym

Année universitaire : 2020/2021

Intitulé : Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines brutes dans la wilaya de Constantine.

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

Résumé : Notre travail est une contribution à l'étude et à l'évaluation qualitative et quantitative des propriétés caractéristiques et non-caractéristiques des eaux souterraines brutes dans la wilaya de Constantine à savoir les forages (Boulgnafed, Bounouara) et les sources d'eau de (Fedj El Farha, Laouïa). L'évaluation porte sur un ensemble de tests expérimentaux, incluant un certain nombre de paramètres physico-chimiques (Température, pH, Conductivité électrique, Dureté, Turbidité, Titre calimétrique, calcium, les sulfates, les nitrites et les nitrates....) et un contrôle bactériologique afin de rechercher des agents pathogènes (bactéries totales, coliformes totaux, coliformes fécaux, streptocoques fécaux et les *Clostridium* sulfito-réducteurs), au niveau du Laboratoire du SEACO, situé à Ain Smara. Les résultats obtenus montrent que les caractéristiques de l'eau pour quatre paramètres se trouvent en excès (Nitrates, Nitrites, Sulfates et la dureté) par rapport aux normes gériennes de l'eau potable. Cependant, les analyses bactériologiques ont révélé une contamination élevée des eaux. Cette contamination constitue sans doute un danger non négligeable à la santé des populations consommatrices de ces ressources en eau.

Mots clés: Paramètres physico-chimiques, contrôle bactériologique, forage, contamination, SEACO.

Jury d'évaluation:

Président du jury: BAZRI Kamel Eddine (MCB-UFM Constantine 1)

Rapporteur : TOUATI Laid (MCA - UFM Constantine 1)

Examinatrice: GANA Mohamed (MCB - UFM Constantine 1)

Date de soutenance : 25 /07/2021