



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريش

Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الارض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers

قسم العلوم البيولوجية

Département des Sciences Biologiques



Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine: Sciences de la Nature et de la Vie

Filière: Sciences Biologiques

Spécialité: Microbiologie appliqué

Thème

Evaluation de la qualité physico-chimique
et microbiologique de l'eau souterraine
(Sources et Puits) collecté dans la région
d'Ouled Brahem Bordj Bou Arreridj

Présenté par:

M^{me}: Benkhadra Nedjoud

M^{elle}: Kahoul Saida

Devant le jury:

Président: M^{me} Zerroug Amina

MAA (Univ BBA)

Encadrant: M^r Ziad Abdelaziz

MAA (Univ BBA)

Co-Encadrant : M^r Meribai Abdelmalek

MAA (Univ BBA)

Examineur: M^r Bensouilah Taqyieddine

MAB (Univ BBA)

Année universitaire : 2017/2018



Remerciement

Avant tout, nous remercions Allah tout puissant qu'il nous a guidé tout au long de nos vie, qu'il nous a donné courage et patience pour passer tous les moments difficiles, qu'il nous a permis d'achever ce travail et de pouvoir le mettre entre les mains du jury. Un travail de recherche, nécessite le concours d'un certain nombre de personnes. Ce mémoire est aujourd'hui l'occasion de remercier toutes les personnes qui ont collaboré à ce travail.

Tout d'abord, nous tenons à remercier l'encadreur Mr Ziad et co-encadreur Mr Meribai, qui ont témoigné d'une confiance en nous et ils nous ont permis de travailler sur un sujet de mémoire, si intéressant, et qu'ils ont mis à notre disposition tous les moyens et les ressources nécessaires à sa réalisation.

Nous remercions par ailleurs vivement les membres du jury de nous avoir fait l'honneur de juger notre travail et de siéger dans le jury. Nous remercions vont à tous les enseignants de la faculté SNV-STU.

Nous remercions les membres des laboratoires du département de Sciences Biologiques, merci pour votre disponibilité et vos encouragements.

BON CHANCE A TOUT



Dédicaces

Je dédie ce travail à :

A mes chers parents: Laid et Yamina

Pour tous les sacrifices consentis, pour ces encouragements et son soutien moral. Merci pour être sacrifiées pour que ces enfances grandissent et prospèrent.

A mon beau frère Housam, mes belles sœurs: Hadjer et La Princesse Noor el Houda

Pour leurs disponibilités, leur soutien moral et Leur encouragement.

A tout la famille kahoul.

A tout mes collègues de la microbiologie.

A Tous mes amis

Merci pour vos conseils et vos encouragements, mais aussi pour les bons moments qui ont contribué à rendre ces années inoubliables.

Bonne chance à tous.

Merci.

Saida



Dédicaces

Je dédie ce travail de fin d'études à ma famille Benkhadra au sens large et à tout mon entourage mais tout particulièrement

Mon père: Elbachir, ma mère: Khaira, pour leur patience, conseils, aident et aussi de m'encourager à la réalisation de ce modeste travail.

«Je vous remercie, mes parents»

Mes frères: Brahim, Lahssen et Ismail.

Mes sœurs: Djamila et Hakima.

Mon mari Abdelkader, Aucun mot ne saurait t'exprimer mon profond attachement et ma reconnaissance pour, la tendresse et la gentillesse dont tu m'as toujours entouré.

Cher mari j'aimerais bien que tu trouve dans ce travail l'expression de mes sentiments de reconnaissance les plus sincères car grâce à ton aide et à ta patience avec moi que ce travail a pu voir le jour.

Alors merci Mon mari: Abdelkader et je remercie beaucoup son père: Amar, sa mère: Khaira, sa sœur: Sara et tout la famille Khanouf.

Les enfants: Ibtissem, Nasro, Louaye, Roeya, Nour, Ritedj, Oussama, Anas, Mouayed et Adam.

Tous mes amis, merci pour vos conseils et vos encouragements, mais aussi pour les bons moments qui ont contribué à rendre ces années inoubliables. Bonne chance à tous.

Tous les étudiants de microbiologie: qui ont effectué leur stage en même temps que nous.

Le professeur Meribai Abdelmalek et Tous les Ingénieurs de laboratoire biologie qui nous ont encouragé et aidé à la réalisation de ce mémoire.

Merci.

Nedjoud

Résumé

Les eaux souterraines comme de source, destinée à l'alimentation humaine, sont exempte de toutes contaminations, les pollutions de ces eaux peuvent être biologiques, physique ou chimiques. L'objectif de l'étude est d'évaluer des qualités physicochimiques et microbiologiques d'un effectif de dix échantillons, dont cinq étaient de sources et cinq de puits, collecter de différentes localité de la région Ouled Brahem située au Sud-Est de la wilaya Bordj Bou Arreridj d'Algérie.

Résultats des tests physicochimiques ont donnés les moyennes pour les eaux de sources et les eaux de puits: Température: (16,08-16,58), pH (7,67-7,56), conductivité électrique (1129,8-967,8), Turbidité (0,78-0,12), Dureté (17-12,44), Chlorures (101,17-88,75), Nitrates (15,03-21,47), Nitrites (1,05-0,98) respectivement.

Résultats microbiologiques ont donnés des flores indicatrices des pollutions en UFC/ml: FTAM ($189,2 \times 10^4$ - $94,88 \times 10^4$), Coliformes totaux ($17,38 \times 10^2$ - $2,63 \times 10^2$), Coliformes fécaux ($4,906 \times 10^2$ -0), Streptocoques fécaux (42-14,58), Clostridies (0 - $36,2 \times 10^1$) respectivement.

La qualité microbiologique des eaux souterraines étaient très en dessous des normes nationales et internationales. Donc. La présence très élevée, des germes microbiens dans ces eaux pourrait constituer un risque sanitaire vital.

L'étude mérite d'être compléter par un effectif plus élevé, plus représentatif des échantillons.

Mots clés: Eau de puits. Eau de sources. Qualité. Physicochimique. Microbiologique.

Abstract

Background: Water; a vital body need, contains salts, trace elements. The water pollution can be chemical and/or biological; can be also physical (radioactivity, temperature rise) is the set of nuisance which the consumer is exposed. The composition of both spring and groundwater considered as pure and protected by the soil against various human activities is more stable, richer in mineral salts and trace elements.

Study aimed to evaluate physicochemical and microbiological qualities of ten samples, five of which from Spring and five from wells, collected from different localities in Ouled Brahem district South- Eastern of Bordj Bou Arréridj province.

Results: Physicochemical results gave the averages for source- water and well water: temperature (16, 08-16,58), pH: (7, 67-7,56), conductivity: (1129,8-967,8), turbidity: (0,78-0,12), hardness: (17-12,44), chlorides: (101,17-88,75), nitrates (15,03-21,47), nitrites (1,05-0,98) respectively.

Microbiological results gave pollutant's indicative flora in CFU/ml: FTAM ($189, 2 \times 10^4$ - $94,88 \times 10^4$), total coliforms ($17,38 \times 10^2$ - $2,63 \times 10^2$), faecal coliforms ($4,906 \times 10^2$ -0), faecal streptococci (42-14,58), clostridia ($0-36,2 \times 10^1$) respectively. Microbiological quality of groundwater (wells and springs) was well below national and international standards. The microbial flora present could constitute a risk for consumer's health.

Conclusion: Study deserves to be completed, in perspective, by a higher staff, more representative of water's samples.

Key words: Water. Pollution. Physicochemical. Microbiological. Standards

ملخص

تعتبر المياه الجوفية مصدرا معدا للاستهلاك البشري، خال من أي تلوث، لكن هذا لا يمنع تعرضها لعدد من الملوثات، سواء كانت بيولوجية، فيزيائية، أو كيميائية.

الهدف من هذه الدراسة: هو تقييم الخصائص الفيزيوكيميائية و الميكروبيولوجية لعشر عينات أخذت من المياه الجوفية من مواقع مختلفة في منطقة أولاد أبراهم (خلال شهر افريل) ، الواقعة جنوب شرق ولاية برج بوعرييج. أجريت التحاليل على هذه العينات من خلال قياس المعايير الفيزيوكيميائية التالية: درجة الحرارة، درجة الحموضة، التوصيل الكهربائي ، العكارة، النترات، النتريت و الصلابة. كما تم البحث عن الجراثيم التالية: مجموع البكتيريا، مجموع القولونيات، القولونيات البرازية، العقديات البرازية و الكلوستريديوم.

متوسط النتائج الفيزيوكيميائية لمياه المنبع ومياه الآبار هي على التوالي: الحرارة (16،58-16،08)، درجة الحموضة (7،67-7،56)، التوصيل الكهربائي (8،1129-967،8)، العكارة (0،78-0،12)، الصلابة (17-12،44)، الكلورور (17،101-88،75)، النترات (21،47-15،03)، النتريت (0،98-1،05). متوسط النتائج الميكروبيولوجية لمياه المنبع ومياه الآبار هي على التوالي: مجموع البكتيريا ($10^4 \times 94،88 - 10^4 \times 189،2$)، مجموع القولونيات ($10^2 \times 17،38 - 10^2 \times 2،63$)، القولونيات البرازية ($10^2 \times 4،906 - 0$)، العقديات البرازية (14،58-42) و الكلوستريديوم ($10^1 \times 36،2 - 0$).

- مما سبق، توصلنا إلى أن الجودة الفيزيوكيميائية توافق المعايير الوطنية والدولية للصحة و حماية المستهلك، بينما المعايير الميكروبيولوجية للمياه الجوفية أقل بكثير. لذا ، فإن الوجود العالي جدا للجراثيم في المياه يمكن أن يشكل خطرا صحيا كبيرا على السكان الذين يأخذون المياه اللازمة لاحتياجاتهم اليومية.

الكلمات المفتاحية: مياه منبع، مياه بئر ، نوعية، فيزيوكيميائية، ميكروبيولوجية.

Liste des abréviations

%: pour cent.

(-): négatif.

(+): positif.

°C: degré Celsius.

°F: le degré français.

BLBCP: Bouillon Lactosé au Bromo Crésol Pourpre.

C F: Coliformes fécaux.

C S R: Clostridium Sulfito-réducteurs.

C T: Coliformes totaux.

Ca₂⁺: ions calcium.

CaCO₃: carbonate de calcium.

Cd: Cadmium.

CEAEQ : Centre d'expertise en analyse environnementale Gouvernement du Québec.

CIE: Centre d'Information sur l'Eau

Cl : chlorure

Cl: chlore.

cm : centimètre

CO₃⁻²: carbonate.

d: densité.

E .coli : *Escherichia coli*.

Ech: Echantillon.

EDTA: acide éthylène-diamine-tétracétique.

EVA: éthyl violet azide de sodium.

FTAM : flore total aérobie mésophile.

g/cm³: gramme par centimètre cube.

g/l: gramme par litre.

h: heure.

H: hydrogène.

H⁺ : ion d'hydrogène.

H₂O: Eau.

H₂SO₄: Acide sulfurique.

hab : habitants.

Hcl : chlore d'hydrogène.

K⁺: ions potassium.

Km : kilo mètre

Km³ : kilo mètre cube

m : mètre.

m³ : mètre cub.

MES: matière en suspension.

mg/l: milligramme par litre.

Mg²⁺ : ion magnésium.

ml: millilitre.

mn: minute.

MO: microorganisme.

n^o: numéro.

Na : Sodium.

Na⁺: ion sodium.

Nacl /l: chlore de sodium par litre.

NaCl : chlore de sodium.

NaOH: Hydroxyde de sodium.

NH₄⁺: ions ammonium.

nm : nanomètre

nm : nanomètre

NO₂⁻: ion nitrites.

NO₃⁻: ion nitrates.

NPP: nombre le plus probable.

NTU: Nephlo Turbidité Unité

OH⁻: hydroxyde.

OMS: Organisation mondiale de la santé.

Pb: Plomb.

PCA: Plate Count Agar.

pH : potentiel d'Hydrogène.

PVS: poliovirus sauvages

S F: Streptocoques fécaux.

S/C: simple concentration.

S/m : siemens par mètre.

SNV: science de la nature et de la vie.

SOES: Service de l'Observation et des Statistiques du Ministère en charge du Développement Durable.

STU: science de la terre et de l'univers.

T : température.

TH: titre hydrotimétrique.

UFC/ml : unité formant colonie par millilitre.

VF: viande foie.

VRBG: Cristal Violet Rouge Neutre, bile et glucose.

µg/l: microgramme par litre.

µS/cm: micro siemens par centimètre.

Listes des figures

Figure. I. 1: Cycle de l'eau	3
Figure. I. 2: La répartition de l'eau sur terre.....	4
Figure.III. 1: Carte illustrant la zone d'échantillonnage	19
Figure. III. 2: Localisation de la commune d'Ouled Brahem sur la carte d'Algérie et dans la wilaya de Bordj Bou Arreridj.....	20
Figure .III. 3: pH mètre.....	23
Figure .III. 4: Conductimètre.....	24
Figure .III. 5: Turbidimètre.....	24

Liste des tableaux

Tableau I. I: Normes et recommandation pour la qualité bactériologique de l'eau potable	11
Tableau I.II: Normes et recommandation pour la qualité physicochimique de l'eau potable.	11
Tableau IV. I: Les résultats d'analyses physico-chimiques des eaux de sources.....	32
Tableau IV. II: Les résultats d'analyses physico-chimiques des eaux de puits.....	33
Tableau IV. III: Les résultats d'analyses microbiologiques des eaux de sources.....	34
Tableau IV. IV: Les résultats d'analyses microbiologiques des eaux de puits.....	34
Tableau IV. V: Les moyennes des résultats d'analyses microbiologiques des eaux de sources et de puits.....	34

Résumé	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Table de matières	
Introduction générale.....	1

Partie bibliographique

Chapitre I: Généralité sur l'eau

I.1. définition de l'eau.....	3
I.2. cycle de l'eau.....	3
I.3. répartition de l'eau sur la terre.....	4
I. 4. Les types de l'eau	4
I.4.1. Les eaux de surface.....	5
I.4.2. Les eaux souterraines.....	5
I.4.2.1. L'eau de source.....	5
I.4.2.2. L'eau de puits.....	5
I.4.3. Les eaux de mer.....	6
I.5. les paramètres organoleptiques de l'eau.....	6
I.5.1. Couleur.....	6
I.5.2. Odeur.....	6
I.5.3. Gout.....	6
I.5.4. Saveur.....	7
I.6. les paramètres physicochimiques.....	7
I.6.1. La température.....	7
I.6.2. Potentiel d'hydrogène pH.....	7
I.6.3. La conductivité électrique.....	7
I.6.4. Turbidité.....	7
I.6.5. La dureté (TH).....	8
I.6.6. Le chlorure.....	8
I.6.7. Nitrates.....	8
I.6.8. Nitrites.....	8
I.7. Les paramètres microbiologiques.....	9
I.7.1. Paramètres bactériologiques.....	9
I.7.1.1. Les FTAM.....	9
I.7.1.2. Les coliformes totaux.....	9

I.7.1.3. Les coliformes fécaux.....	9
I.7.1.4. Streptocoques fécaux	10
I.7.1.5. Clostridium sulfito-réducteur.....	10
I.7.2. La flore eucaryote.....	10
I.8. Normes de la qualité bactériologique de l'eau potable.....	10
I.9. Normes de la qualité physicochimique de l'eau potable.....	11

Chapitre II: Pollution de l'eau et les maladies à transmission hydrique

II.1: Pollution de l'eau

II. 1.1. Définition.....	12
II. 1.2. Origines des pollutions des eaux.....	12
II. 1.2.1. Les rejets domestiques	13
II. 1.2.2. Les rejets agricoles.....	13
II. 1.2.3. Les rejets industriels	13
II. 1.3. Les principaux polluants	14
II. 1.3.1. Les polluants biologiques.....	14
II. 1.3.1.1. La pollution bactérienne.....	14
II. 1.3.1.2. La pollution virale.....	14
II. 1.3.1.3. La pollution parasitaire.....	14
II. 1.3.1.4. Les algues de l'eau.....	15
II. 1.3.2. Les polluants physiques.....	15
II. 1.3.3. Les polluants chimiques.....	15
II. 1.3.3.1. Les éléments chimiques minéraux.....	15
II. 1.3.3.2. Les éléments chimiques organiques.....	16

II. 2. Les maladies à transmission hydrique

II. 2.1. Maladies à mains sales.....	17
II. 2.2. Choléra.....	17
II. 2.3. Diarrhées	17
II. 2.4. Poliomyélite.....	17
II. 2.5. Fièvre typhoïde.....	18
II. 2.6. Méningite.....	18
II. 2.7. Hépatite A et E.....	18

Partie expérimental

Chapitre III: Matériel et méthodes

III.1. Objectif.....	19
III.2. Lieu de réalisation de la partie pratique.....	19
III.3. Zone d'échantillonnage.....	19
III.4.Échantillonnage.....	20
III.5. Techniques de prélèvement.....	20
III.6. Transport des échantillons.....	21
III.7. Matériels.....	22
III.7.1. Matériels lourds.....	22
III.7.2. Ustensiles.....	22
III.7.3. Verreries	22
III.7.4. Milieux de culture	22
III.7.5. Réactifs.....	22
III.7.6. Indicateurs colorés.....	22
III.8. Méthodes.....	23
III.8.1. Les analyses physico-chimiques des eaux	23
III.8.2. Les analyses microbiologiques des eaux.....	28
III.8.3. L'analyse statistique.....	31

Chapitre IV: Résultats et discussion

IV. Résultats et discussion.....	32
IV.1. Résultats des analyses physico-chimiques.....	32
IV.1.2. Résultats des analyses bactériologiques.....	33
IV.2. Discussion.....	35
IV. 2.1. Paramètres physicochimiques.....	35
IV.2.2. Paramètres microbiologiques	37
Conclusion	41
Références bibliographiques.	
Annexes.	

Introduction
Générale

Introduction

L'eau constitue un élément essentiel dans la vie et l'activité humaine. C'est une composante majeure du monde minéral et organique. Actuellement l'eau participe à toutes Les activités quotidiennes notamment domestiques industrielles et agricoles, ce qui la rend un élément récepteur exposé à toutes genres de pollution. Dès lors, l'eau sera considérée comme un transporteur potentiel de maladies (**Prescott et al., 1999**).

Sans cette matière simple et complexe en même temps, la vie sur terre n'aurait jamais existé donc c'est un élément noble qu'on doit protéger pour les générations futures, et pour cela la technologie moderne nous a permis la conception des stations de traitement des eaux de surface pour palier aux problèmes de pollution qui menacent la potabilité de l'eau qui a été préservé pendant des siècles (**Henri, 2012**).

Selon l'OMS (2005), chaque année 1,8 millions de personnes dont 90% d'enfants de moins de cinq ans, vivant pour la plupart dans les pays en développement, meurent de maladies à transmission hydriques (y compris du choléra); 88% des maladies diarrhéiques sont imputables à la mauvaise qualité de l'eau, à un assainissement insuffisant et à une hygiène défectueuse.

Les eaux souterraines, représentent environ 97 % du total des eaux douces continentales liquides (**Bosca, 2002**).

Certains travaux de recherches ont été réalisés sur la qualité des eaux souterraines concluent que les pollutions de ces eaux souterraines proviendraient d'une origine géologique et anthropique, notamment d'infiltration des eaux usées et l'utilisation des engrais chimiques en agriculture (**Nouayti et al., 2015**). D'autres études ont révélées que la pollution des eaux souterraines est liée à la présence des fosses septiques, à l'absence du traitement, au manque du réseau d'assainissement et au non-respect des conditions d'hygiène publique (**Fakih et al., 2014**). Le conseil mondial de l'eau, avait classé l'Algérie dans la catégorie des pays pauvres en ressource hydriques, au regard du seuil de ses ressources, ces dernières sont évaluées au environ de 19,2 milliard de m³, ce qui correspond à un taux de 600m³/hab/ année (**Anonyme, 2001**). Les données disponibles sur la qualité de l'eau potable révèlent que la plupart des ressources hydriques Algériennes sont polluées par les rejets non contrôlés des eaux usées municipales et des effluents industriels non traités, notamment par les métaux lourds. L'Algérie est tenue d'améliorer rapidement le cadre juridique de la sante publique afin de palier la dégradation de son environnement (**Anonyme, 2002**).

La willaya de Bordj Bou Arreridj est située à 220 km à l'est de la capitale Alger. Elle s'étend sur l'axe Alger- Sétif- Constantine, de 658 968 habitants, d'une superficie de 3920,42 km², une altitude varie entre 302m et 1885m.

La ville est alimentée en eaux rendue potable, du barrage Ain Zadda, situé entre Bordj Bou Arreridj et Sétif, d'une capacité de 121 000 000 m³. Néanmoins ces eaux rendues potable, après traitement à la station du barrage, manquent de corrections organoleptiques avec un arrière- gout de chlore. Pour pallier à ce déficit, la population s'alimente en eaux des sources et points de captage, éparpillé dans différentes localités de la willaya. Sur tout avec le rationnement et les coupures quotidiennes, ces eaux souterraines de sources et de puits, sont devenues un compliment indispensable à la vie quotidienne de la population, d'où la nécessité de vérifier leur qualité physico-chimique et microbiologique. De même ces eaux échappent à tous control de qualité des pouvoirs publique; d'où le risque vital pour la santé des consommateurs.

Dans ce contexte précis se situé l'objectif préalablement fixé de notre étude, qui consiste à caractériser les qualités physicochimiques et microbiologiques pour dix échantillons (05 eau de source et de 05 de puits), collectés de différentes localités, de la région de Ouled Brahem Sud- Est de la willaya de Bordj Bou Arreridj.

Notre manuscrite s'étale sur deux parties dont la première renferme:

- Un premier chapitre qu'est un rappel sur l'eau d'une façon générale et leurs types, avec ses caractéristiques organoleptiques, physico-chimiques et bactériologiques.
- Le deuxième chapitre représente les diverses pollutions qui affectent l'eau et les maladies à transmission hydriques.
- La partie expérimentale, sera consacrée à la démarche pour analyser de la qualité de différents échantillons d'eau de source et de puits avec les chapitre : matériel, méthodes résultats, discussions et conclusion.

Partie
Bibliographique

Chapitre I:

Généralités sur l'eau

I. Généralités sur l'eau

I.1. Définition de l'eau

L'eau est l'élément essentiel à la vie, il représente un pourcentage très important dans la constitution de tous les êtres vivants, la molécule d'eau est l'association d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène sous le symbole H_2O . L'eau en tant que liquide est considérée comme un solvant universel, il se congèle à $0^{\circ}C$, il peut devenir vapeur à $100^{\circ}C$ qui est sa température d'ébullition, mais ces principales caractéristiques sont qu'il est inodore incolore et sans goût (Gerard. G., 1999).

I.2. Cycle de l'eau

L'eau, élément sous trois formes (liquide, l'état gazeux et solide), parcourt un cycle éternel. L'évaporation lente et incessante des fleuves, des lacs et des mers provoque la formation dans la haute atmosphère, de nuages qui par condensation se transforment en pluie. Une fraction des eaux de pluie ruisselle à la surface du sol et va grossir les cours d'eau et les lacs, d'où elle est sujette d'une part à l'évaporation d'autre part à l'infiltration à travers le sol. Une partie des eaux d'infiltration est reprise par la végétation qu'elle alimente avant d'être rejetée dans l'atmosphère c'est l'évapotranspiration. L'autre partie s'accumule dans le sous sol pour former des nappes souterraines qui, à leur tour peuvent former des sources émergentes à la surface du sol (Maïga F. S., 2002).

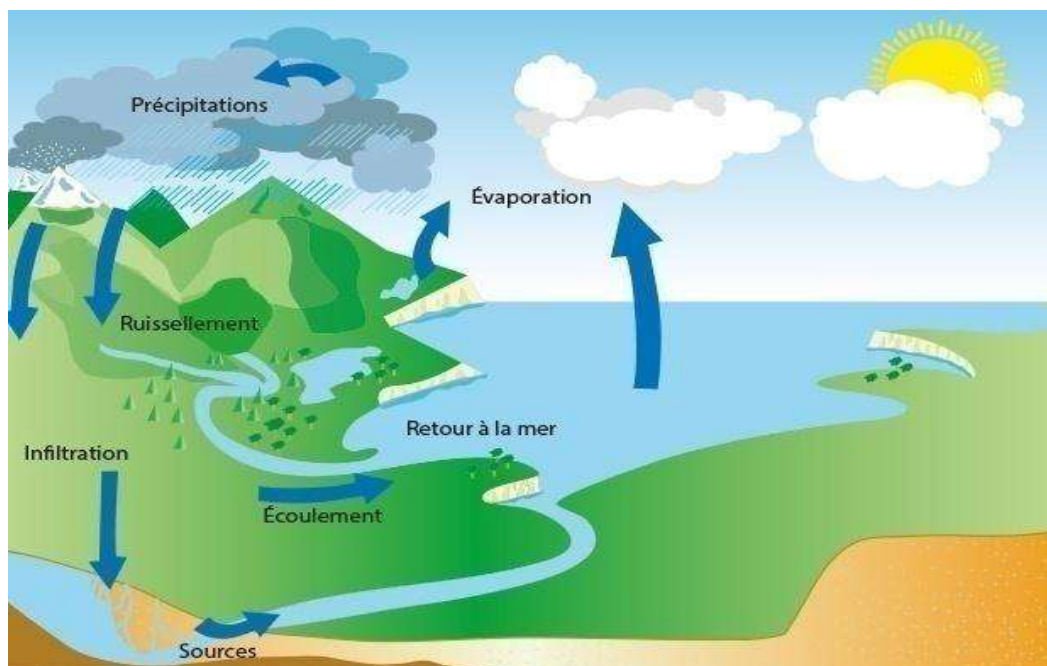


Figure. I. 1: Cycle de l'eau (CIE., 2013).

I.3. Répartition de l'eau sur la terre

L'eau est de loin le liquide le plus abondant sur la terre dont elle recouvre les 72% de la surface, représentant un volume total estimé à $1,4.10^9 \text{ Km}^3$. Les mers et les océans représentent 97.4% de la totalité des eaux terrestres. Les quatre cinquièmes des eaux dites douces sont constitués par les sommets enneigés, les glaciers et la quasi-totalité du cinquième restant est localisé dans des nappes phréatiques.

L'eau indispensable à la survie de l'espèce vivante terrestre, représente donc moins d'un pour cent de l'eau douce soit environ 0,014% de l'eau totale.

C'est pourquoi il est impératif que ce bien de l'humanité soit protégé et utilisé avec le plus grand respect dans le sens de développement durable, défini comme le développement qui couvre les besoins de la société actuelle sans détruire pour autant les possibilités des générations futures de découvrir leur propre besoin (Friedli. C., 2002).

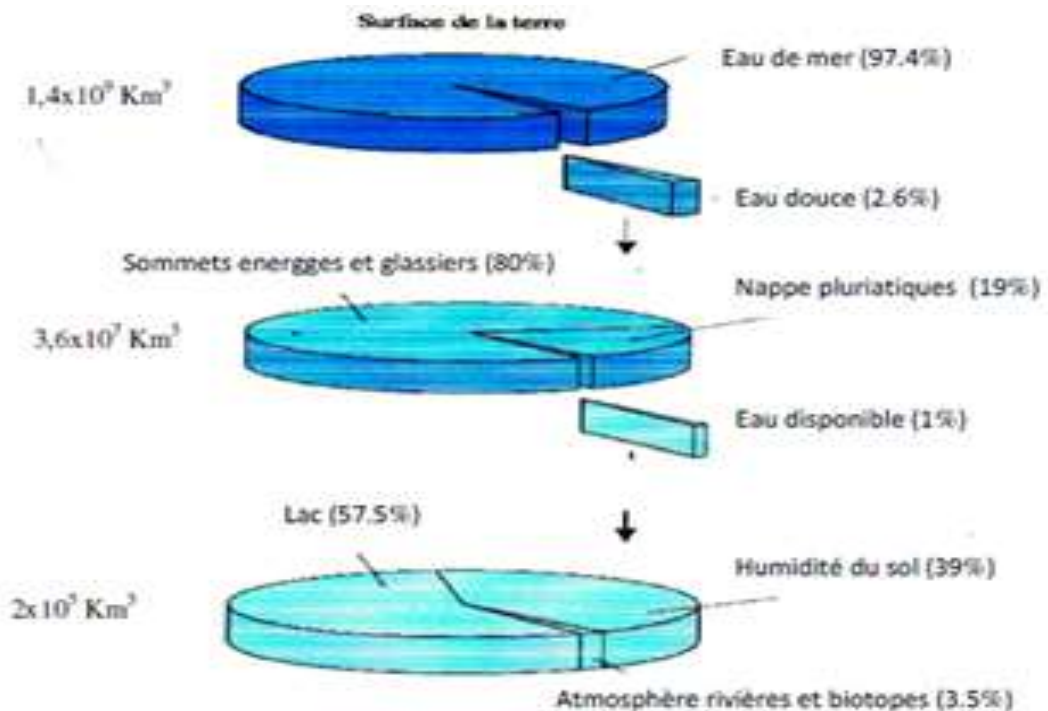


Figure. I.2. La répartition de l'eau sur terre (Taupenac., 2006).

I.4. Les types de l'eau

Les eaux destinées à la consommation humaine sont les eaux de distribution publique (eau du robinet), eaux conditionnées (les eaux de source, les eaux minérales naturelles et les eaux rendues potables par traitement), et les eaux de puits privés utilisées pour la boisson.

L'eau prélevée des milieux naturels n'est généralement pas utilisable directement pour la consommation humaine. Elle doit subir des traitements selon les exigences réglementaires

de qualité en tous points du réseau, pour pouvoir être consommée sans danger par l'ensemble de la population.

Toutes les eaux de consommation n'ont pas la même composition chimique, puisqu'elles ne contiennent pas toutes les mêmes substances minérales considérées comme des paramètres spatio-temporels.

Avec l'accroissement de la population mondiale et le développement économique de la planète, la consommation d'eau a presque doublé au cours de ces cinquante dernières années (**Rabiet. M., 2006**).

I.4.1. Les eaux de surface

Sont des eaux qui circulent ou qui sont stockées à la surface des continents. Elles proviennent soit par des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit par les eaux de ruissellement (fleuves, rivières, barrages, mares, marigots). Elles sont caractérisées par une surface de contact eau-atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable (**Degremont., 2005**). En plus, ces eaux superficielles doivent subir un traitement en plusieurs étapes pour être utilisées pour la boisson et les usages domestiques.

Elles ne peuvent être utilisées sans traitement. De plus, pour envisager d'alimenter des populations à partir d'eaux de surface, il faut éviter les conditions favorisant l'érosion des sols, les conditions non hygiéniques et les pollutions accidentelles et chroniques (**Molinie., 2009**).

I.4.2. Les eaux souterraines

On trouve les eaux souterraines sous la plupart des terres émergées du globe. Leur origine est due à l'accumulation des infiltrations dans le sol qui varie en fonction de sa porosité et de sa structure géologique. Les eaux souterraines sont généralement d'excellente qualité physico-chimique et bactériologique (**Cardot. C., 1999**).

Elles restent jusqu'à présent les meilleures ressources en eau potable (**Margat. J., 1992**).

I.4.2.1. L'eau de source

Une source peut être définie comme l'apparition à la surface du sol de l'eau d'une nappe aquifère souterraine. Toute source est alimentée par une portion de la nappe aquifère qui lui a donnée naissance (**Gomella G. et al., 1974**).

I.4.2.2. L'eau de puits

On peut tenter de définir un puits de captage d'eau comme étant un ouvrage réalisé en dessous de la surface du sol dans le but de permettre l'exhaure des eaux qui peuvent s'y trouver incluses ou y circuler. Généralement le puits a une profondeur moyenne ou faible (inférieur à 100 m) et un diamètre supérieur à 1,20 m. Les puits, jadis creusés à la main, à

l'aide de pics, par des puisatiers, notamment dans les roches consolidées (craie, grès, partie superficielle altérée des granites), sont à peu près tombés en désuétude (**Collin., 2004; Emand B et al., 1999**).

I.4.3. Les eaux de mer

Les mers sont les grandes masses d'eau salée qui recouvrent les deux-tiers de la surface du globe terrestre, et elles représentent près de 97,4 % de la capacité des grands réservoirs d'eau à la surface de la terre (**Dinnart. E., 2003**).

La teneur moyenne en sel varie en fonction de l'arrivée d'eau douce (pluies et fleuves), plus il y a d'eau douce, moins il y a de sel. Le dessalement de l'eau de mer et celui des eaux saumâtres constitue, aux dernières années, la solution à la pénurie d'eau dans de nombreuses parties du monde. Cependant, le coût de dessalement demeure encore trop élevé. Le Maroc a acquis une expérience réelle par la réalisation et l'exploitation de plusieurs unités de dessalement dans les provinces sahariennes depuis près d'une vingtaine d'années (**El Ghachtoul Y et al., 2005**).

I.5. Les paramètres organoleptiques de l'eau

I.5.1. Couleur

Paramètre traduisant une nuisance d'ordre esthétique, la coloration des eaux peut : Avoir une origine naturelle (présence de fer et de manganèse dans les eaux profondes, de substances humiques dans les eaux de surface).

Être une des conséquences du phénomène d'eutrophisation (développement excessif d'algues et de plancton) des lacs, étangs, barrages,...etc. Avoir une origine industrielle chimique (colorants des tanneries et de l'industrie textile d'impression et teintures). (**Mokeddem K et al., 2005**).

Elle représentera un indicateur de pollution si elle dépasse l'équivalent de 15 mg/l de Platine cobalt (**Lefèvre J.G., 1991**).

I.5.2. Odeur

L'odeur d'une eau est généralement un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition en quantité souvent si minime qu'elles ne peuvent être mises en évidence par les méthodes d'analyse. Le sens olfactif peut seul, dans une certaine mesure, les déceler (**Mokeddem K et al., 2005**).

I.5.3. Goût

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. (**Rodier. J., 2005**)

I.5.4. Saveur

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. J., 2005**).

La saveur d'une eau dépend des sels et des gaz qu'elle contient en suspension ou en solution (**Trombe. F., 1995**). Une eau potable de bonne qualité doit avoir une saveur faible et agréable.

I.6. Les paramètres physicochimiques

I.6.1. La température

La température de l'eau est un facteur important dans la production biologique. Ceci vient du fait qu'elle affecte les propriétés physiques et chimiques de celle-ci ; en particulier sa densité sa viscosité, la solubilité de ses gaz (notamment celle de l'oxygène) et la vitesse des réactions chimiques et biochimiques (**HCEFLCD., 2006**).

I.6.2. Potentiel d'hydrogène pH

Le pH ou le potentiel d'hydrogène est le logarithme décimal de l'inverse de sa concentration en ions d'hydrogène (**H⁺**), il est inférieur ou supérieur à 7 suivant que l'eau est acide ou basique. Il n'a pas de la signification hygiénique mais il représente une notion importante de la détermination de l'agressivité de l'eau et la précipitation des éléments dissous (**Abdesselem. A., 1999**)

Le pH dépend de l'origine des eaux, de la nature géologique du substrat et du bassin versant traversé (**Dussart., 1966; Bermond et al., 1973**).

I.6.3. La conductivité électrique

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques (Platine) de 1cm² de surface et séparée l'une de l'autre de 1cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique. L'unité de la conductivité est le Siemens par mètre (S/m) : 1S /m = 10⁴ μS/cm = 10³ S/m. La conductivité donne une idée de la minéralisation d'une eau et est à ce titre un bon marqueur de l'origine d'une eau (**HCEFLCD., 2006**). En effet, la mesure de la conductivité permet d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau, donc de sa minéralisation.

I.6.4. La Turbidité

La turbidité traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques, etc.). Il est important de connaître la teneur de la turbidité lorsqu'on envisage de traiter l'eau car elle facilite le développement des germes indicateurs de contamination, réduit l'efficacité des désinfectants et accroît la consommation de chlore tout en diminuant son efficacité (**Rodier J et al., 2009**)

I.6.5. La dureté (TH)

La dureté totale ou titre hydrotimétrique d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques à l'exception des métaux alcalins et de l'ion hydrogène. La dureté totale est surtout proportionnelle aux concentrations en calcium et magnésium. L'utilisation d'une eau de haute dureté entraîne l'entartrage (croute de calcaire dans les réservoirs d'eau), et une consommation excessive de savon.

- L'unité: °F = degré français. Un °F correspond à la dureté d'une solution contenant 10 mg/l de CaCO₃. Un °F équivaut à 10 mg de calcium par litre (**Villiers J et al., 2005**).

I.6.6. Le chlorure

Le chlorure (Cl⁻) est un ion négatif du chlorure (Cl); cet élément est très abondant dans l'environnement. Il est présent dans l'eau, le sol, roches, ainsi que dans de nombreuses aliments.

Dans une goutte d'eau chlorure .Les teneurs en chlorures des eaux extrêmement variées sont liées principalement à la nature des terrains traversés. Le gros inconvénient des chlorures est la saveur désagréable qu'ils confèrent à l'eau à partir de 250 mg/l surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium (**Rodier. J., 2005**).

I.6.7. Les Nitrates

Les nitrates sont présents dans l'eau par lessivage des produits azotés dans le sol par décomposition des matières organiques ou des engrais de synthèse ou naturels (**Samake., 2002**).

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote, et représentent la forme d'azote au degré d'oxydation le plus élevé présent dans l'eau. Leurs concentrations dans les eaux naturelles sont comprises entre 1 et 10 mg/l. Cependant leurs teneurs dans les eaux usées non traitées sont faibles (**UNEP/MAP/MEDPOL., 2004**).

I.6.8. Nitrites

Les nitrites NO₂⁻ proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniac, soit d'une réduction des nitrates. Une eau renferme une quantité élevée de nitrites (supérieur à 1 mg/l d'eau).

Les valeurs limitent recommandées pour les nitrites dans l'eau de boisson, sont de 0,1mg/l pour les pays de l'union européenne et l'Algérie et des doses inférieures à 1 mg/l pour l'OMS (**Boualem., R**).

I.7. Paramètres microbiologiques de l'eau

I.7.1. Paramètres bactériologiques

L'analyse bactériologique de l'eau a pour but de mettre en évidence la présence des bactéries qui modifient l'aptitude d'une eau à une utilisation donnée, ces organismes indicatrice de contamination fécale possèdent plusieurs caractéristiques telles que :

- la provenance exclusive des matières fécales des animaux à sang chaud.
- la résistance aux antiseptiques voisins de ceux des bactéries pathogènes.
- leur non prolifération anarchique dans la nature.
- la production des réactions simples et spécifiques au cours de leur étude.
- leur apparition en très grand nombre dans le milieu par rapport aux germes pathogènes.

En général, les germes utilisés sont les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux (Mbeukam k. E., 2013)

I.7.1.1. Les FTAM

La recherche des germes totaux se réalisent à la température 37°C (Merabet. S., 2011).

I.7.1.2. Les coliformes totaux

Les coliformes totaux sont utilisés depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent indirectement associés à une pollution d'origine fécale. Les coliformes fécaux sont définis comme étant des bactéries en forme de bâtonnet, aérobies ou anaérobies facultatives, possédant l'enzyme β -galactosidase permettant l'hydrolyse du lactose à 35°C afin de produire des colonies rouges avec reflet métallique sur un milieu gélosé approprié (Archibald., 2000).

Les principaux genres inclus dans les groupes: *Citrobacter*, *Escherichia*, *Klebsiella* et *Serratia* (CEAEQ., 2000).

La presque totalité des espèces sont non pathogènes et ne représente pas de risque direct pour la santé (Edberg et al., 2000).

I.7.1.3. Coliformes fécaux ou Coliformes thermo- tolérants

Les coliformes fécaux ou coliformes thermo tolérants correspondent à des coliformes qui présentent les mêmes propriétés (caractéristiques des coliformes) après incubation à la température de 44 °C (Edberg et al., 2000).

Escherichia coli est sans doute le plus spécifique de tous les germes de contamination fécale. Le terme « *Escherichia coli* présumé » correspond à des coliformes thermo-tolérants qui produisent de l'indole à partir du tryptophane à 44 °C et ont des caractères biochimiques Propres à cette espèce (Bourgeois. C., 1996).

I.7.1.4. Les streptocoques fécaux

La classification générale des streptocoques fécaux a été modifiée dans les années 80 par la création d'un nouveau genre, *Enterococcus*. Dans ce contexte, plusieurs espèces appartenant antérieurement au genre *Streptococcus* ont été transférées vers le genre *Enterococcus*, ce dernier correspondant, aux streptocoques du groupe sérologique D de la classification de Lancefield. Le genre *Enterococcus* comprend une vingtaine d'espèces qui se retrouvent dans différents habitats et chez différents hôtes. On les retrouve souvent dans le tractus gastro-intestinal des humains et de plusieurs animaux; *Enterococcus faecalis* et *E. faecium* sont les deux espèces le plus souvent identifiées chez l'humain (Clausen EM et al., 1977; Gleeson C et al., 1997).

I.7.1.5. Clostridium sulfito-réducteur :

En dehors des streptocoques fécaux et *E. coli* qui sont des indices de contamination fécale récente, du fait que leur survie dans l'eau peut être très courte, les clostridiums sulfito-réducteurs représentent l'indice d'une contamination fécale ancienne, ils sont résistants aux conditions défavorables grâce à la sporulation, ils sont des bactéries anaérobies strictes, sporulés, Gram positif réduisent les sulfites en sulfures et dont la plupart des espèces est mobile (Gregorio C et al., 2007).

I.7.2. La flore eucaryote

Les moisissures sont des champignons microscopiques ubiquistes à croissance filamenteuse qui regroupent des milliers d'espèces, le terme familier de «moisissures » fait généralement référence à leur texture laineuse, poudreuse ou cotonneuse, qui peut être observée à divers endroits, comme sur les aliments entreposés depuis un certain temps ou dans les lieux humides d'une habitation, par exemple. Les moisissures produisent des structures de reproduction appelées spores; celles-ci sont invisibles à l'oeil nu et peuvent, chez la plupart des espèces, passer en suspension dans l'air. Elles peuvent également élaborer des substances chimiques susceptibles de demeurer à l'intérieur des spores, d'être libérées dans les matériaux qu'elles colonisent (ex. mycotoxines), ou encore d'être libérées dans l'air ambiant (ex: composés organiques volatils). Afin de bien comprendre le mode d'action de ces organismes, il importe d'abord de dresser un portrait global de leurs principales caractéristiques biologiques

I.8. Normes de la qualité bactériologique de l'eau potable:

Les deux groupes de micro-organismes les plus utilisés comme indicateurs de contamination bactérienne sont les coliformes totaux et les coliformes fécaux, l'objectif visé est l'absence de coliforme dans 100 ml d'eau, mais si cet objectif n'est pas atteint le règlement sur l'eau potable a proposé les limites maximales suivantes:

Tableau I.I: Normes et recommandation pour la qualité bactériologique de l'eau potable.

Paramètres	bactériologiques Unités	Recommandation (OMS)
Germes totaux	Germe/ml	100
Coliformes fécaux	Germe /100ml	0
Streptocoques fécaux	Germe /100ml	0
Clostridium sulfito-réducteurs	Germe /20ml	0

I.9. Normes de la qualité physicochimique de l'eau potable

Tableau I.II: normes et recommandation pour la qualité physicochimique de l'eau potable.

Paramètre	Unité	Normes OMS	Normes Algériennes
Température	°C	/	/
pH	-	6,5-9	6,5-8
Conductivité	(µS /cm) à 20°C	-	<2700
Turbidité	(NTU)	/	5
Dureté totale	°F	50	10-30
Chlorures	(mg/l)	250	<750
Nitrates	(mg/l)	40	<50
Nitrites (mg/l)	(mg/l)	3	<0,1

Chapitre II:

***Pollution de l'eau
et les maladies à
transmission
hydrique***

II.1. Pollution de l'eau

II.1.1. Définition

La pollution des eaux est définie comme toute modification physique ou chimique de la qualité des eaux, qui a une influence négative sur les organismes vivants ou qui rend l'eau inadéquate aux usages souhaités.

Donc on dit que l'eau est polluée, lorsque sa composition ou son état est directement ou indirectement modifié par l'action de l'homme (Ezziane. S., 2007).

II.1.2. Origines des pollutions des eaux

La pollution des eaux provient essentiellement des activités domestiques et industrielles. Ainsi que des précipitations, elle perturbe les conditions de vie de la flore et la faune aquatiques, elle compromet également l'utilisation de l'eau et l'équilibre du milieu aquatique (Gommella et al., 1983).

Tableau II.I: Origines et natures de différentes sources de pollution de l'eau (Henaut. A., 2011).

Type de pollution	Nature	Origine
Physique	Rejet d'eau chaude	Centrales thermiques nucléaires
	M.E.S (matière en suspension)	Rejet baignades, érosion des sols.
Chimique	Matière organique	Effluents domestiques, agricoles, agroalimentaires.
	Fertilisants (nitrate, phosphate)	Agriculture, lessives.
	Métaux (Cd, Pb, Al, As)	Industries, agriculture, déchets.
	Pesticides (insecticides, herbicides, fongicides...)	Industries, agriculture.
	Organochlorés (PCB, Solvants)	Industries.

	Composés organiques de synthèse	Industries.
	Détergents	Effluents domestiques
	Hydrocarbures	Industrie pétrolière, transports.
Biologique	Bactéries, virus, champignons.	Effluents urbains, Agricoles

De ce fait, les trois principales sources de pollution sont:

II.1.2.1. Les rejets domestiques

Dans le cas d'un assainissement collectif ou individuel défectueux, des substances indésirables contenues dans les eaux vannes et les eaux ménagères peuvent contaminées la nappe (matières organiques, détergentes, solvants, antibiotiques, micro-organismes...). Le cas se manifeste avec les puits perdus, l'assainissement individuel avec infiltration dans le sol mal conçu ou mal dimensionné, les stations d'épurations urbaines surchargées. Les ordures ménagères accumulées dans des décharges sauvages ou non mises à la norme libèrent également des lixiviats riches en polluants (**Faurie et al., 2003**).

II.1.2.2. Les rejets agricoles

Le régime et la qualité des eaux sont fortement influencés par les pratiques actuelles des cultures et de l'élevage (**Faurie et al. 2003**).

L'utilisation des engrais chimiques azotés et phosphorés, des produits phytosanitaires Destinés à protéger les cultures, ces produits parfois toxiques lorsqu'ils sont utilisés en excès vont contaminer en période de pluie les eaux de surface et les eaux souterraines par infiltration (**Djabri., 1996**).

II.1.2.3. Les rejets industriels

Les activités industrielles rejettent principalement des métaux, des hydrocarbures, des acides, et augmentent la température de l'eau. En moyenne, de 2004 à 2009, le SOES (Service de l'Observation et des Statistiques du Ministère en charge du Développement Durable) en France, a montré que les secteurs de la métallurgie et de la chimie sont responsables des rejets de polluants dans l'eau les plus importants (**Benmaïd., 2013**).

II.1.3. Les principaux polluants

La pollution d'eau peut être définie comme une dégradation de celle-ci par les éléments qu'elle a accumulés de son utilisation. Ces éléments indésirables proviennent des excréments chimiques, des rejets provenant d'industries divers, du lessivage des terrains traversés. Le problème de la pollution des eaux représente sans aucun doute l'un des aspects les plus inquiétants de la dégradation du milieu naturel.

II.1.3.1. Les polluants biologiques

Un grand nombre de micro-organismes peut proliférer dans l'eau qui sert l'habitat naturel ou comme une simple moyenne de transport pour ces microorganismes (**Bennana., 2013**).

Ils sont peu nombreux dans les eaux de nappe du fait des conditions habituellement Anaérobies et des faibles quantités de nutriments disponibles. Le transfert de matière Organique dans la nappe favorise leur prolifération (**Kankou., 2004**)

Les principaux organismes pathogènes qui se multiplient ou qui sont transportés dans Les eaux sont: les bactéries, les virus, les parasites et les algues.

II.1.3.1.1. La pollution bactérienne

Les eaux polluées peuvent contenir de très nombreuses colonies de bactéries Pathogènes. La plupart de ces pathogènes sont d'origine fécale car ils sont plus connus et facile à rechercher et à dénombrer (**Bennana., 2013**).

II.1.3.1.2. 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 capables de provoquer des infections chez l'homme (**Schwartzbrod et al., 2003**). 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 (**Bouziyani., 2000**).

II.1.3.1.3. La pollution parasitaire

Les parasites sont généralement véhiculés dans l'eau sous forme: d'œufs, de kystes ou de vers. Ils ne sont pas détruits par la chloration et par les autres méthodes de désinfection chimique mais peuvent être éliminés mécaniquement à l'aide d'une bonne filtration de l'eau de boisson (**Bouziyani., 2000**).

II.1.3.1.4. Les algues de l'eau

Elles jouent un rôle positif pour l'équilibre des biotopes aquatiques en assurant la ré-oxygénation de l'eau par photosynthèse. Leur prolifération peut entraîner des nuisances pour la production d'eau potable, en perturbant les étapes de décantation en provoquant des remontés de boues, et de filtration en provoquant le colmatage des filtres. Elles contribuent aussi à enrichir l'eau en matières organiques. Parmi les algues fréquemment rencontrées (cyanophycées, diatomées, chlorophycées..) certains des cyanophycées (cyanobactéries ou algues bleues) secrètent des endotoxines ou des toxines responsables d'allergies cutanées et respiratoires, de gastro-entérites, de dysenteries et d'hémorragies (**Savary., 2010**).

II.1.3.2. Les 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:

II.1.3.2.1. 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.

II.1.3.2.2. Les sable: 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 (**Mizi .A., 2006**).

II.1.3.2.3. 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 (**Marcel Dore**).

II.1.3.3. Les polluants chimiques

Certains éléments chimiques qui se trouvent dans l'eau sont utiles et même indispensables à la santé de l'homme à des faibles concentrations, mais peuvent devenir toxiques lorsqu'ils sont absorbés en très grande quantité (**Rodier et al., 2009**).

II.1.3.3.1. Les éléments chimiques minéraux

L'eau étant un très bon solvant permettra la mise en solution de nombreux composés avec lesquels 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:

- L'élévation de la température; une eau plus chaude constitue une pollution.

- Des eaux dont les pH présents de grands écarts par rapport à la neutralité sont pollués **(Seghiri .R., 1996)**.
- La présence des métaux lourds dans les eaux sous formes dissoute et en suspension ainsi que sous une forme difficilement soluble dans les sédiments.
- La formation des sels parfois en grandes quantités, tels que des chlorures, des nitrates, des sulfates et des phosphates, ont une grande importance vis-à-vis l'environnement **(Degremont., 1989)**.

II.1.3.3.2. Les éléments chimiques organiques

La matière organique est principalement issue de la décomposition des végétaux, des animaux et des microorganismes. Il est donc difficile d'en donner une description précise ou une composition moyenne. Elle participe à beaucoup de paramètres de qualité de l'eau: couleur, sous produits de désinfection, odeurs, saveurs...etc.

II.2. Les maladies à transmission hydrique

Les maladies à transmission hydrique sont:

II.2.1. Maladies à mains sales

Les maladies liées à l'eau portent gravement atteinte à la santé humaine. Elles sont variées mais toutes indiquent le besoin crucial d'une eau salubre. De nombreuses maladies, proviennent uniquement du fait d'employer une eau non salubre, pour boire et préparer les aliments.

D'autres sont dues à la pénurie d'eau responsable d'une mauvaise hygiène corporelle et vestimentaire. Autrement dit, les maladies de mains sales sont des risques sanitaires liés à: La quantité insuffisante de l'eau (problème d'hygiène) (**Freddy. S., 2010**).

II.2.2. Choléra

Quand on absorbe de la nourriture souillée ou de l'eau non potable. Le choléra est une infection intestinale aiguë qui commence par une diarrhée aqueuse indolore, des nausées et des vomissements. La plupart des sujets atteints ont une diarrhée très bénigne ou une infection asymptomatique, Le choléra est causé par la bactérie *Vibrio cholerae*. Les gens sont infectés après avoir consommé des aliments ou de l'eau qui ont été contaminés par les selles de personnes infectées (**Aubry., 2014**).

II.2.3. Diarrhées

Une diarrhée est définie par l'émission de selles trop fréquentes, trop abondantes, de consistance anormale (liquides ou très molles) et quand on absorbe de la nourriture souillée ou de l'eau non potable. Quand on mange avec les mains sales. Quand on met les objets souillés à la bouche (**Freddy. S., 2010**).

II.2.4. Poliomyélite

La poliomyélite est une maladie infectieuse transmissible aiguë, essentiellement neurotrope, immunisante, endémo-épidémique, due à un poliovirus sauvage, entérovirus de la famille des *Picornaviridae*. Il y a trois stéréotypes différents de poliovirus sauvages (PVS1, PVS2, PVS3). La gravité, en termes de santé publique, de la poliomyélite est surtout liée aux séquelles motrices définitives qu'elle entraîne.... se transmet par l'intermédiaire de la nourriture et de l'eau contaminées par les matières fécales (excréments) des personnes infectées (**Aubry., 2014**).

II.2.5. Fièvre typhoïde

La fièvre typhoïde est due à *S. enteritica*, sérovar *S. typhi*. (Bacille d'Eberth). Les fièvres paratyphoïdes sont dues à *S. paratyphi* A, B et C. La fièvre typhoïde est devenue rare dans les pays industrialisés du fait des progrès de l'hygiène et de l'amélioration des conditions d'approvisionnement en eau potable (Aubry. P., 2013).

II.2.6. Méningite

Les méningites infectieuses de l'enfant représentent des maladies hétérogènes comportant d'une part les méningites virales de loin les plus fréquentes et dont l'évolution est en règle simple sans traitement particulier et d'autre part les méningites bactériennes sont plus rares mais graves. Trois espèces bactériennes se partagent la quasi-exclusivité des cas: *Streptocoques pneumonie*, *Neisseria meningitidis* et *Haemophilus influenza* (Plantaz D., 2005).

II.2.7. Hépatite A et E

Le virus de l'hépatite A (VHE A) et E (VHE) se transmet en général par voie fécaux orale, soit par contact direct d'une personne à l'autre, soit par ingestion d'eau ou d'aliments contaminés. Il peut aussi se propager lors de certaines pratiques sexuelles (OMS., 2012).

Partie Expérimentale

Chapitre III:

Matériel et méthodes

III. Matériel et Méthodes

III.1. Objectif

La présente étude avait fixé comme objectif, l'évaluation des qualités physico-chimiques et microbiologiques pour un effectif de 10 échantillons, dont 5 échantillons étaient des eaux de source destinée à l'alimentation humaine, et 5 puits d'eau, situées dans différents localités de la région d'Ouled Brahem de la wilaya Bordj Bou Arreridj (**les noms des Echantillons voir annexe 04**).

III.2. Lieu de réalisation de la partie pratique

La partie expérimentale de l'étude a été réalisée conjointement, au sein des laboratoires:

- ✓ De microbiologie, de chimie et de laboratoire des analyses biochimiques, relevant de la faculté SNV-STU-Université de Bordj Bou Arreridj.

III.3. Zone d'échantillonnage

La collecte des échantillons, s'est effectuée dans différents localités de la région d'Ouled Brahem, distante d'environ 40 km au Sud-est de chef lieu de la wilaya Bordj Bou Arreridj. Ouled Brahem est une commune à vocation agricole d'environ 10000 habitants.

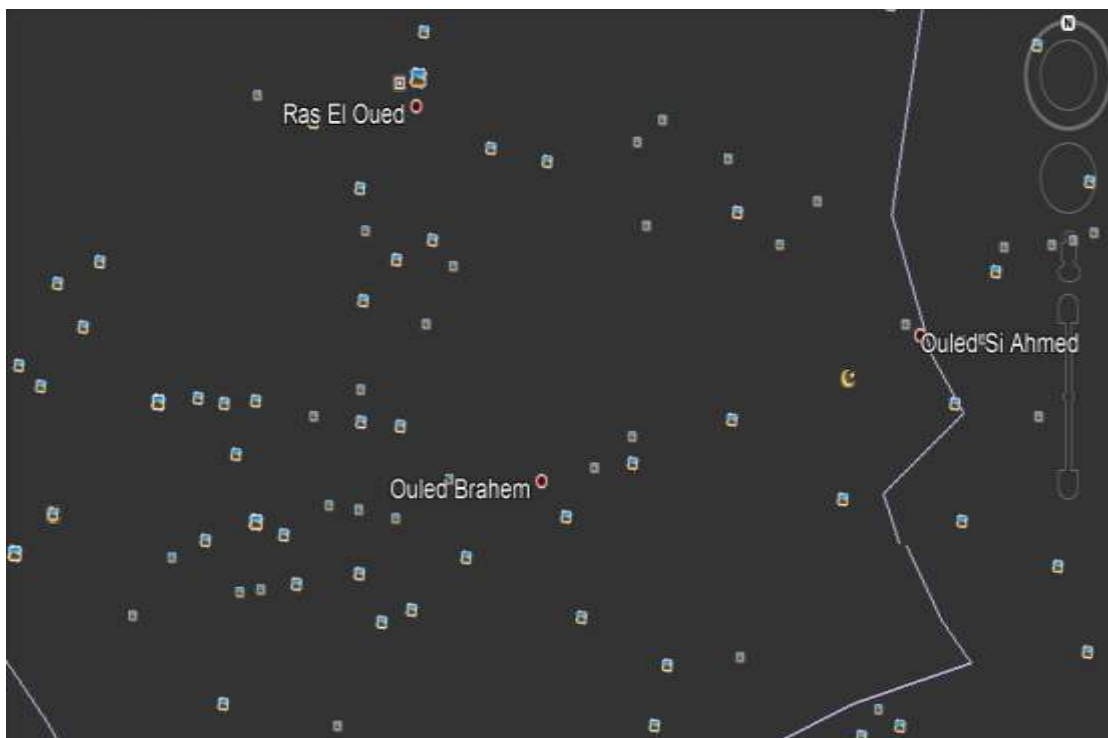


Figure .III. 1: Carte illustrant la zone d'échantillonnage (Google Earth).



Figure. III. 2: Localisation de la commune d'Ouled Brahem sur la carte d'Algérie et dans la wilaya de Bordj Bou Arreridj

III.4. Échantillonnage

Les principaux aspects, dont il faut tenir compte pour obtenir un échantillon d'eau représentatif sont les suivants:

- La sélection convenable du point d'échantillonnage.
- Le strict respect des procédures d'échantillonnage.
- La conservation adéquate de l'échantillon (**Rodier. J., 1997**).

Dans notre travail, le prélèvement des échantillons d'eaux (10 échantillons) s'est effectué durant la période allant de 13 mars au 15 avril 2018.

Les principaux renseignements à enregistrer pour une analyse d'eau:

- Identité des préleveurs.
- Date et heure de prélèvement.
- Motif de la demande d'analyse.
- point de prélèvement d'eau.
- Origine de l'eau (Ouled Brahem).

III.5. Techniques de prélèvement

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté. Il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physicochimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension...etc.) (**Rodier et al., 2005**). Le matériel de prélèvement doit faire l'objet d'une attention particulière. L'emploi de flacons neufs en verre pyrex. Pour les analyses microbiologiques, les flacons

utilisés doivent assurer une fois bouchés, une protection totale contre toute contamination. Il est conseillé d'utiliser des flacons en verre de 250, 500 ml. Avant l'usage les flacons doivent être soigneusement lavés, puis rincés à l'eau distillée, car il ne doit rester aucune trace d'un éventuel détergent ou antiseptique. Les flacons en verre seront stérilisés par la chaleur, soit à l'autoclave à 120°C pendant 1 heure, soit au four Pasteur à 180°C pendant 1 h 30 (**Larpen ., 1997**).

Suivant l'origine de l'eau le mode de prélèvement varie. Dans le cas d'une rivière, d'une nappe ouverte, d'un réservoir, d'une citerne, la bouteille sera plongée à une certaine distance du fond (50 cm). Dans le cas d'un robinet, il sera indispensable de faire couler l'eau pendant un certain temps qui ne sera jamais inférieur à 10 mn (**Rodier et al., 2005**).

Durant les prélèvements, les flacons sont rincés trois fois avec de l'eau à analyser puis remplis jusqu'au bord. Le bouchon est placé de telle manière à ce qu'il n'y ait aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport. Les prélèvements s'effectuent dans les meilleures conditions de stérilisation. Pour procéder aux prélèvements, il faut d'ouvrir le robinet et laisser couler 10 minutes avant de faire le prélèvement, tout en gardant la flamme allumée à côté du robinet (**Rodier et al., 2005**).

III.6. Transport des échantillons

Les analyses bactériologiques doivent être commencées moins de 4 heures après le prélèvement. Si le transport dépasse 4 heures, ainsi si la température extérieure est supérieure à 10°C; le transport doit se faire obligatoirement en glacière à une température inférieure à 4°C. Enfin, les prélèvements sont placés aux froids dès leurs arrivés au laboratoire avant de commencer les analyses.

III.7. Matériels

III.7.1. Matériels lourds

Autoclave, Bain marie, balance, distillateur, becs Bunsen, congélateur, compteur de colonies
Étuves de 25°C, de 37°C, et de 44°C, Hotte, Micropipettes, pH-mètre, plaque chauffante
conductimètre, turbidimètre, spectrophotomètre.

III.7.2. Ustensiles

Anses de platine, Boîtes de Pétri, Cuillère, Distributeur, Pincés, Pissette, Portoirs, Spatule.

III.7.3. Verreries

Béchers, Entonnoirs, Éprouvette graduée, Erlenmeyers, Fiole jaugée, Flacons, Pipettes
graduées, Pipettes Pasteur, Burette et Tubes à essais.

III.7.4. Milieux de culture (voir Annexe 02)

- ✓ Eau distillée, eau physiologique stérile.
- ✓ Plate Count Agar (PCA) pour la recherche de la flore aérobie mésophile totale.
- ✓ Cristal Violet Rouge Neutre, bile et glucose (VRBG) utilisé pour la recherche des coliformes totaux et fécaux.
- ✓ Gélose Viande de foie (VF) pour la recherche et le dénombrement des Clostridium sulfito-réducteurs.
- ✓ Bouillon Rothe pour le test de présomption des streptocoques fécaux.
- ✓ Bouillon Ethyle Violet-Azide de sodium Litsky (EVA Litsky), pour le test de confirmation des streptocoques fécaux.
- ✓ Sabouraud pour la recherche de la flore eucaryote.

III.7.5. Réactifs

Acide nitrique pur, carbonate de calcium pur, solution de chromate de potassium à 10%,
solution de nitrate d'argent N/10, solution de salicylate de sodium à 0.5%, acide sulfurique
concentré (d=1.84), acide sulfurique (0,02N), solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate
double de sodium et de potassium, solution mère étalon d'azote nitrique à 0.1g/l, ammoniacque
pur (d=0.925), solution mère étalon de NO₂⁻ à 0.23g/l, solution fille étalon d'ion NO₂⁻ à
0.0023g/l, réactif de ZAMBELLI, solution d'EDTA disodium N/50. Alun de fer et Sulfite de
sodium

III.7.6. Indicateur coloré

Noir d'ériochrome T.

III.8. Méthodes

III.8.1. Les analyses physico-chimiques des eaux

III.8.1.1. Mesure de la température

La mesure de la température a été effectuée en plongeant immédiatement le thermomètre dans le flacon d'eau à analyser pendant 5 minutes. La lecture doit se faire à travers les parois du flacon. Généralement, Les appareils de mesure de la conductivité ou du pH possèdent un thermomètre intégré (Rodier et al., 2009).

III.8.1.2. Mesure de pH

➤ Principe

Le pH est en relation avec la concentration des ions d'hydrogène présent dans l'eau. La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence plongeant dans la même solution est mesuré par le pH mètre (Abdesselem. A., 1999). Présent dans la figure suivante :



Figure. III. 3: pH mètre

➤ Mode opératoire

- Étalonner l'appareil avant la mesure avec des solutions tampons à pH=7, pH=4 après avoir rincé l'électrode en verre avec l'eau distillée.
- Prendre environ 100 ml d'eau à analyser dans un bécher, mettre une agitation doucement puis tremper l'électrode dans le bécher. Laisser stabiliser un moment avec une faible vitesse d'agitation et noter le pH (Rodier., J 1997).

III.8.1.3. Mesure de la conductivité électrique

Pour la détermination de la conductivité un conductimètre est utilisé. Elle est déterminée après rinçage plusieurs fois de l'électrode, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant

dans un récipient contenant de l'eau à examiner; faire la mesure en prenant soin que l'électrode soit complètement immergée. Le résultat de conductivité est donné directement en $\mu\text{S}/\text{cm}$. La mesure de la conductivité a été réalisée à l'aide du conductimètre présenté sur la figure suivante: **(Rodier., J 1997)**.



Figure. III. 4: Conductimètre.

III.8.1.4. Mesure de la turbidité

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau, elle est réalisée à l'aide d'un turbidimètre appelé aussi néphélométrie en utilisant des cuves en verre bien nettoyées et bien séchées, Remplie avec de l'eau à analyser **(Hamdi. W., 2011)**.l'appareil est présent dans la figure (III. 5).



Figure. III. 5: Turbidimètre

III.8.1.5. Détermination de la dureté totale (Titre hydrotimétrique TH)

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

plupart des cas la dureté est surtout due aux ions calcium et magnésium auxquels s'ajoutent quelquefois les ions fer, aluminium, manganèse, strontium. La dureté est encore appelée la dureté calcique et manganésienne ou consommation de savon. Elle s'exprime en milliéquivalents de concentration en CaCO_3 . Elle est aussi très souvent donnée en degrés français ($^{\circ}\text{F}$).

➤ **Principe**

Les ions des éléments alcalino-terreux présents dans l'eau forment un complexe du type chélate avec le sel de l'acide éthylène-diamine-tétra acétique. La disparition de dernières traces d'éléments libres à doser est décelée par le virage de l'indicateur spécifique. En milieu convenablement tamponné pour empêcher la participation du magnésium, la méthode permet de doser la somme des ions du calcium et du magnésium.

➤ **Mode opératoire**

- ✓ Introduire 100 ml d'eau à analyser dans une fiole.
- ✓ Chauffer la prise d'essai à une température de 60°C .
- ✓ Ajouter 5 ml de solution tampon (pH 9,5-10) et quelques gouttes du noir d'ériochrome.
- ✓ Verser la solution d'EDTA jusqu'au virage du rouge vineux au bleu vert.
- ✓ Vérifier que la coloration ne change plus par l'addition d'une goutte supplémentaire d'EDTA.
- ✓ Soit v le volume d'EDTA versé.

➤ **Préparation des solutions**

- Solution de noir d'ériochrome T dans l'alcool éthylique absolu à 0,4%
- Solution tampon:
 - Chlorure d'ammonium..... 34g
 - Ammoniaque ($d=0,925$)..... 285ml
 - Tartrate double de potassium et sodium..... 200g
 - Eau distillée..... 1000ml
- Solution d'EDTA:
 - Sels disodique de l'acide éthylène diamine tétracétique 4g
 - Chlorure de magnésium 0, 1g
 - Eau distillée..... 1000ml

➤ **Expression des résultats**

Pour une prise d'essai de 100 ml la dureté totale, exprimée en degrés français sera égale à V et à $2V/10$ en milliéquivalent.

III.8.1.6. Dosage de chlorure par la méthode de Mohr

➤ Principe

Les chlorures ont été dosés en milieu neutre par une solution titré de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.

➤ Mode opératoire

- ✓ Introduire 100ml d'eau à analyser préalablement filtré dans un erlenmeyer de 250ml.
- ✓ Ajouter 2 à 3 gouttes d'acide nitrique pur puis une pincée de carbonate de chaux et 3 gouttes de solution de chromate de potassium à 10%.
- ✓ Verser en moyen d'une burette la solution de nitrate d'argent jusqu'à l'apparition d'une teinte rougeâtre qui doit persister à 10 min.

Soit v le nombre de millilitres de nitrate d'argent N/10 utilisés.

➤ Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 100 ml on a 2 méthodes:

- $V \times 10 \times 3.55$ donne la teneur de chlore exprimé par mg de Cl/l
- $V \times 10 \times 5.85$ donne la teneur de NaCl exprimé par mg de NaCl/l

III.8.1.7. Dosage de nitrate (NO_3^-): méthode par spectrométrie d'absorption

moléculaire

➤ Principe

En présence de salicylate de sodium Na, les nitrates NO_3^- donnent du paranitro-salicylate de Na coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique par spectromètre. La manipulation est effectuée avec des gants et sous la hotte.

➤ Etablissement de la courbe d'étalonnage (voir Annexe 01)

Dans une série de capsules de 60ml, introduire successivement :

N° de creuset	T (témoin)	I	II	III
Solution étalon d'azote nitrique à 0,005 g/l	0	1	2	5
Eau distillée (ml)	10	9	8	5
Solution de salicylate de sodium (ml)	1	1	1	1
Correspondance en mg/l d'azote nitrique	0	0,5	1	2,5

➤ **Mode opératoire**

- ✓ Evaporer à sec les bécher sous la plaque chauffante.
- ✓ Laisser refroidir.
- ✓ Reprendre les résidus par 2ml d'acide sulfurique H₂SO₄ sous la hotte.
- ✓ Attendre 10 min.
- ✓ Ajouter 15 ml d'eau bi-distillée et 15 ml de solution de NaOH et tartrate double de Na et K, (la couleur de milieu devient jaune en présence de NO₃⁻).
- ✓ Effectuer la lecture par spectrophotomètre.
- ✓ Après la lecture, tracer la courbe d'étalonnage (**Hakmi., 2006**).

➤ **Pour l'échantillon**

- ✓ Introduire 10 ml d'eau à analyser dans des béchers de 100 ml.
- ✓ Alcaliniser faiblement avec la solution de NaOH.
- ✓ Ajouter 1ml de salicylate de Na.
- ✓ Puis, évaporer à sec sous la plaque chauffante.
- ✓ Laisser refroidir.
- ✓ Reprendre les résidus par 2ml d'acide sulfurique H₂SO₄ sous la hotte.
- ✓ Attendre 10 min.
- ✓ Ajouter 15 ml d'eau bidistillée et 15 ml de solution de NaOH et tartrate double de Na et K, (la couleur de milieu devient jaune en présence de NO₃⁻).
- ✓ Effectuer la lecture par spectrophotomètre $\lambda = 415 \text{ nm}$ (**Rodier et al, 2009**).

III.8.1.8. Dosage des nitrites NO_2^- (méthode au réactif de Zambelli)

Suivant l'origine des eaux, la teneur en NO_2^- est assez variable. Lors de ce dosage il faut respecter quelque règle de manipulation:

- ✓ Verrerie très propre et sèche.
- ✓ L'eau utilisée est bi-distillée.
- ✓ La préparation des solutions de façons correcte.

➤ Principe

L'acide sulfanilique, en milieu chlorhydrique HCl en présence d'ions ammonium NH_4^+ et de phénol forme avec les ions NO_2^- un complexe coloré en jaune dont l'intensité est proportionnelle avec la concentration en nitrite (Rodier et al., 2009).

➤ Etablissement de la courbe d'étalonnage (voir annexe 01)

Dans la série de tubes à essai (15 ml) numérotés introduire successivement les réactifs en agitant après chaque addition:

Numéro des tubes	T	I	II	III
Solution fille étalon à 0,0023g/l de NO_2 (ml)	0	1	15	10
Eau distillée (ml)	50	49	45	40
Réactif de ZAMBELLI (ml)	2	2	2	2
Attendre 10 minutes puis ajouter				
Ammoniaque pur (ml)	2	2	2	2
Correspondance en mg/l de NO_2^-	0	0,046	0,23	0,46

Effectuer la lecture au spectromètre à une longueur d'onde de 435 nm

➤ Mode opératoire

- ✓ Introduire dans une fiole jaugée l'eau et l'HCL.
- ✓ Dissoudre l'acide sulfanilique et le phénol par agitation sous la plaque chauffante.
- ✓ Ajouter le chlorure d'ammonium et ajuster le volume jusqu'à 1000ml.

➤ Echantillon

- ✓ Introduire 50 ml d'eau à analyser dans un bécher de 100ml.
- ✓ Ajouter 2ml de réactif de Zambelli.
- ✓ Attendre 10 min, puis ajouter 10ml d'ammoniac pur.
- ✓ Effectuer la lecture par spectrophotomètre.

III-8-2-Les analyses microbiologiques des eaux

L'analyse bactériologique a pour but de mettre en évidence la présence des germes, basés sur la recherche et la numération de celles ci dans les échantillons à analyser. L'analyse n'est pas seulement qualitative mais aussi quantitative (**Leyral et al., 2002**)

Il faut signalé qu'un examen bactériologique ne peut être interpréter que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé dans un récipient stérile, selon un mode opératoire précis évitant toutes les contaminations accidentelles, correctement transporté au laboratoire et analysé sans délai ou après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes.

III.8.2.1. Recherche et dénombrement de la flore totale aérobie mésophile (FTAM)

Cette flore représente l'ensemble des microorganismes saprophytes, aptes à se multiplier en aérobiose. Elle regroupe tous les germes: Bacilles ou Cocci, Gram positif ou Gram négatif. Le dénombrement de cette flore nous renseigne sur le degré de contamination de l'eau et sur l'éventuelle présence de ces germes (**Bourgeois et al., 1991**).

➤ Mode opératoire

Le milieu de culture utilisé pour le dénombrement de cette flore est le milieu PCA.

La gélose PCA préalablement fondue et maintenue en surfusion a été coulée dans les boîtes de Pétri contenant 1 ml de l'échantillon à analyser (trois boîtes de Pétri pour chaque Echantillon). L'échantillon et la gélose ont été mélangés puis laissés se solidifier sur la paillasse.

➤ Incubation et lecture

Les boîtes ont été incubées à 37°C pendant 72 h. Une autre boîte faisant office de témoin est également préparée contenant uniquement le milieu PCA.

Après incubation, les boîtes contenant entre 15 et 300 colonies sont prises en Considération (**Guiraud., 2003**)

III.8.2.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux

Les coliformes se caractérisent par la fermentation de lactose avec la production du gaz à 37°C. Le milieu de culture utilisé pour leur dénombrement est le VRBG par ensemencement dans des boîtes de pétries.

➤ Mode opératoire

- On met devant le bec-bunsen; le milieu VRBG, 2 groupes de 30 boîtes de pétries sur lesquelles sont marqués les points de prélèvements de 1 à 10 avec la date de la manipulation, la solution mère et les dilutions 10^{-1} , 10^{-3} , 10^{-5} de l'eau à analyser.

- On verse 1ml d'échantillon à analyser sur la boîte de pétri, on y ajoute une couche de VRBG (15ml de VRBG dans chaque boîte).
- On laisse solidifier pendant quelques minutes.
- On ajuste une autre couche de VRBG dans les boîtes.
- On fait la même chose pour le reste des échantillons.
- Une fois solidifié,

➤ **Incubation et lecture**

Incuber 30 boîtes de pétri à 37°C pendant 48h, l'autre groupe de 30 boîtes à 44°C pendant 48h.

La lecture se fait, par dénombrement des colonies bactériennes dans les boîtes de Pétrie.

III.8.2.3. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux en milieux liquide par la méthode du nombre le plus probable (table de Mac Grady: voir Annexe 03)

La recherche et le dénombrement se fait par deux tests :

➤ **Test de présomption**

On prépare une série des tubes contenant le milieu sélectif Rothe S/C à raison de trois tubes par dilution, (10^{-1} , 10^{-3} , 10^{-5}).

A partir des dilutions décimales on porte aseptiquement 1 ml dont chacun des trois tubes correspond à une dilution donnée; puis on mélange bien le milieu et l'inoculum l'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 h.

➤ **Test de confirmation**

Les tubes de Rothe positifs feront l'objet d'un repiquage dans des tubes contenant le milieu EVA Litsky; on mélange bien le milieu et l'inoculum et l'incubation se fait à 37°C pendant 24 h.

➤ **Lecture**

Les tubes sont considérés comme positifs :

- Un trouble microbien.
- Une pastille blanchâtre ou violette au fond du tube.

Le nombre de streptocoques fécaux est exprimé par le NPP selon la table de Mac Grady.

III.8.2.4. Recherche et dénombrement des Clostridium Sulfito-Réducteurs

➤ **Principe**

Porter dans 30 tubes 1 ml de l'échantillon à analyser, élaborer pour les 30 tubes un chauffage à 80°C, pendant 10 minutes ; puis un refroidissement brutal sous l'eau de robinet (choc thermique qui a pour but d'éliminer la forme végétative et reste seulement la forme sporulée des bactéries Sulfito-Réducteurs).

Compléter ensuite chacune des tubes avec environ 15 ml de gélose viande foie et garder en surfusion au bain mari à 45°C, préalablement additionné de deux additifs : Alun de Fer et Sulfite de Sodium et mélanger avec précaution et laisser solidifier, puis incuber à 37°C pendant 48 heures avec une première lecture après 16 heures d'incubation (**Rodier. J., 1997**).

➤ **Lecture**

La lecture se fait après 24 h, 48h et 72h, elle consiste au dénombrement des points noirs (grosses colonies noires) correspond aux spores.

III.8.2.5. Recherche et dénombrement de la flore eucaryote

Les eucaryotes sont des organismes microscopiques dont la présence dans les boissons n'est pas souhaitée. Ils provoquent des changements organoleptiques tels que : l'altération du goût le gonflement, la mauvaise présentation et la diminution de la durée de conservation des produits (**Guiraud et al., 1980**)

➤ **Mode opératoire**

- On utilise la solution mère et les dilutions 10⁻¹ à 10⁻⁵.
- Transférer l'échantillon (100 µl) à analyser sur le milieu Sabouraud.
- Étaler l'inoculum en surface.

➤ **Incubation et lecture**

En suite elles ont été incubées à 25°C pendant 05 à 07 jours. Les lectures ont été effectuées chaque jour pour voir l'évolution de la croissance.

III.8.3. Analyse statistique

Les résultats de quelques paramètres des échantillons d'eau analysés nous permettront de calculer la moyenne et l'écart type.

La moyenne d'un échantillon de taille n de variables x1, x2, x3...Xn est obtenue par

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

L'écart type est un paramètre statistique qui permet d'apprécier la dispersion des variables autour de la moyenne de l'échantillon, il est noté S.

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{(n - 1)}}$$

Chapitre IV :
Résultats
et discussion

IV. Résultats et discussion

IV.1. Résultats

IV.I.1. Les résultats des analyses physico-chimiques

Les différents résultats relatifs aux analyses physicochimiques sont illustrés dans les tableaux (IV.I et IV. II).

Tableau. IV.I: Les résultats d'analyses physico-chimiques des eaux de sources.

Paramètre	S1	S2	S3	S4	S5	M ±m	Normes (OMS)	Normes Algériennes (JORA)
T (°C)	16,2	15,3	16,2	16,4	16,3	16,08±0,44	/	/
pH à 20°C	7,54	7,58	7,98	7,66	7,62	7.67±0,17	6,5-9	6,5-8
Cond (µs /cm)	744	2380	961	734	830	1129,8±704	/	<2700
Turbidité (NTU)	0,11	0,05	2,60	0,02	1,14	0,78±1,11	/	5
Dureté totale (°F)	10	50	5,4	7,6	12	17±18,61	50	10-30
Chlorures (mg/l)	76,3	198,8	49,7	71	110,5	101,17±58	250	<750
Nitrates (mg/l)	0	39,53	17,40	8,98	9,27	15,03±15	40	<50
Nitrites (mg/l)	0,9	1,76	1,83	0,56	0,23	1,05±0,71	3	<0 ,1

M: Moyenne

m: Ecart type

Tableau IV. II: Les résultats d'analyses physico-chimiques des eaux de puits.

Paramètres	P1	P2	P3	P4	P5	M ±m	Norme (OMS)	Norme Algérienne
T (°C)	16,9	16,6	16,5	16,5	16,4	16,58±0,19	/	/
pH à 20°C	7,83	7,20	7,47	7,60	7,74	7,56 ± 0,24	6,5-9	6,5-8
Cond (µs /cm)	705	913	762	1691	768	967,8±411,5	/	<2700
Turbidité (NTU)	0,02	0,02	0,53	0,01	0,02	0,12±0,22	/	5
Dureté totale (°F)	9,6	14,6	10	17	11	12,44±3,22	50	10-30
Chlorures (mg/l)	92,3	78,1	106,5	85,2	81,65	88,75±11,22	250	<750
Nitrates (mg/l)	27,96	5,32	3,76	17,89	52,42	21,47±19,92	40	<50
Nitrites (mg/l)	1,26	0,78	0,33	0,14	2,41	0,98±0,9	3	<0,1

IV.1.2. Résultats d'analyses microbiologiques

(Les résultats microbiologiques pour chaque dilution voir annexe 05 et les images voir Annexe 06).

Les résultats obtenus en UFC/ml sont regroupés dans les tableaux suivants: **Tableau. IV. III, IV. IV et IV. V**

Tableau. IV. III: Les résultats d'analyses microbiologiques des eaux de sources.

Flores en UFC/ml	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	OMS
FTAM (x10 ⁴)	174	0	562	97	113	100 UFC/ml
C T (x10 ²)	52,70	9,57	14,63	0	10	0 UFC/ml
C F(x10 ²)	21,13	0	3,40	0	0	0 UFC/ml
Streptocoques fécaux	140	25	45	0	0	0 UFC/ml

CSR ($\times 10^1$)	0	0	0	0	0	05 UFC/ 20ml
Flore Eucaryote	567	47	6,7	10	0	0 UFC/ml

Tableau. IV. IV: Les résultats d'analyses microbiologiques des eaux de puits.

Flores en UFC/ml	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	OMS
FTAM ($\times 10^4$)	0	0,034	0,367	0,0034	474	10 UFC/ml
C T ($\times 10^2$)	0	0	0	0	13,2	0 UFC/ml
C F ($\times 10^2$)	0	0	0	0	0	0 UFC/ml
SF	0,4	2,5	45	0	25	0 UFC/ml
CSR ($\times 10^1$)	10	68,3	102,3	0,67	0	05 UFC/20ml
Flore Eucaryote	0	0	3,34	0	3,34	0 UFC/ml

Tableau IV. V: Les moyennes des résultats d'analyses microbiologiques des eaux de sources et de puits.

Eau	FTAM	C T	C F	S F	C S R	Flore Eucaryote
Sources	$189,2 \times 10^4$	$17,38 \times 10^2$	$4,9 \times 10^2$	42	0	126,14
Puits	$94,88 \times 10^4$	$2,63 \times 10^2$	0	14,58	$36,2 \times 10^1$	1,34

IV.2. Discussion

IV.2.1. Paramètres physicochimiques

- **Température**

La température de l'eau de source, obtenue était ($16,08 \pm 0,44$ °C), du fait de la température de la saison, alors pour l'eau de puits elle était ($16,58 \pm 0,19$ °C). Cependant une élévation de la température s'accompagne d'une augmentation de la tension de vapeur saturante à la surface (évaporation), et d'une diminution de la solubilité de gaz (oxygène). L'augmentation de la température favorise le développement des micro-organismes donc consommation de l'oxygène (**Jacques. M., 2006**).

- **pH**

Le pH de nos échantillons était généralement neutre, pour l'eau de sources était ($7,67 \pm 0,17$) alors pour l'eau de puits était ($7,56 \pm 0,24$), Le pH est un paramètre chimique caractérisant l'acidité ou la l'alcalinité d'un milieu. Il résulte de la composition ionique de l'eau, et essentiellement de la présence des carbonates issus de l'échange de dioxyde de carbone (CO₂) à l'interface air-eau, ainsi que de la dissolution du calcaire (**Aminot et al., 2004**). Selon les normes algériennes, pour l'eau potable, le pH est fixé entre 6,5 et 9,5 (**Décret exécutif n° 09-414: JORA., 2009: N° 75**). Donc, on peut dire que nos échantillons sont de qualité acceptable de point de vue pH.

- **Conductivité électrique**

La moyenne relative à la conductivité des eaux de puits était ($967,8$ µs/cm) est largement inférieure à celle des eaux de sources ($1129,8$ µs/cm), cette valeur de conductivité relative élevée peut être expliquée par la richesse de ces eaux par des éléments minéraux. Cependant, la conductivité relative, à l'ensemble des échantillons est largement inférieure à la limite fixée par les normes algériennes (2700 µs/cm).

La conductivité électrique, traduit la capacité d'une solution aqueuse à conduire le courant électrique; elle détermine la teneur globale des sels minéraux présents dans une solution, une eau douce accusera généralement une conductivité basse et bien au contraire une eau dite dure affichera une conductivité élevée (**Brémaude C et al., 2006**).

- **Turbidité**

La moyenne de la turbidité des eaux de source ($0,78$ NTU) est largement supérieur à celle des eaux de puits ($0,12$ NTU), ceci est probablement due à l'effet de décantation des eaux de puits, donc l'ensemble des échantillons est de qualité conforme à la norme algérienne fixé à (5 NTU) pour la turbidité (**Décret exécutif n° 11- 125: JORA., 2011**).

La turbidité est un paramètre organoleptique due à la présence de matières en suspension ou par des substances en solution comme les substances minérales (sables et argiles), des matières organiques (matières organiques mortes ou des végétaux en décomposition, du plancton suspendu) ou d'autres matières microscopiques qui forment un obstacle au passage de la lumière dans l'eau (**Rodier.J.,1996; Hade .A., 2007**).

- **Dureté totale**

Les résultats trouvés pour les eaux sources et de puits sont respectivement $17\pm 18,61^{\circ}\text{F}$ et $12,44\pm 3,22^{\circ}\text{F}$. La dureté totale est la quantité du calcium et du magnésium dissoute dans l'eau. La dureté d'une eau, constitue un risque notable dans l'entartrage des canalisations. Pour une eau d'adduction, une dureté élevée contribue également à accroître la consommation du savon (**Rodier J et al., 2005; Hakmi .A., 2006**), ces valeurs sont inférieures à la norme fixé par la législation algériennes (50°F), sont donc de bon qualité vis-à-vis de la dureté.

- **Les chlorures**

Les 5 échantillons de source présentent une moyenne de teneurs en chlorures de: ($101,17\pm 58,71$ mg/l) pour les échantillons de l'eau de puits est de $88,75\pm 11,22$ mg/l. En plus de l'agressivité et de la minéralisation qu'ils confèrent aux eaux, des taux élevés des chlorures modifient la saveur de l'eau et contribuent aux dépôts de sels néfastes pour l'agriculture (**Mizi. A, 2006**). Les normes algériennes de l'eau potable pour les chlorures sont fixées à 500 mg/l (**JORA.n°75/ 2009**). Donc les résultats obtenus sont normales et acceptables, comparativement aux normes susmentionnées.

- **Les nitrates**

Les nitrates ne représentent qu'une des multiples formes de l'azote présent dans l'eau, tout en constituant, en général, la forme la plus abondante de l'azote minéral, Les résultats obtenus montre que la moyenne des teneurs en nitrates des eaux de puits étaient de ($21,471\pm 19,92$) largement supérieur à celle des eaux de source ($15,03\pm 15,01$), mais ces valeurs restent inférieures à la valeur admissible par les normes algériennes (<50 mg/ml).

- **Les nitrites**

La moyenne des teneurs en nitrites pour l'eau de source était ($1,05\pm 0,71$ µg/l), alors pour l'eau de puits était ($0,98\pm 0,9$ µg/l), La limite de consommation algérienne est fixée à 0,1 mg/l (**JORA. n °51 ., 2000**), donc toutes les valeurs sont dans les normes, les nitrites résultent de la dégradation des organismes végétaux et animaux en milieu aqueux. Très toxique, rapidement et naturellement oxydé en ions nitrates (**Melquiot.P., 2003**).

La présence des nitrites dans l'eau en quantité importante dégrade la qualité de l'eau et pourrait affecté la santé humaine. La toxicité liée au nitrite est très significative en raison de leur pouvoir oxydant.

IV.2.2. Paramètres microbiologiques

- **La flore totale aérobie mésophile**

Les résultats obtenus montrent que la majorité des sources et puits contrôlés, contient dans leurs eaux des FTAM, à l'exception des eaux: S₂ et P₁, qui sont potables, caractérisées par l'absence totale de ces germes.

La concentration maximale de cette flore varie entre 562 x 10⁴ UFC. ML⁻¹ (S₃) et 474 x10⁴ UFC. ML⁻¹ (P₅).

Les réglementations algériennes, précisent que pour les eaux destinées à la consommation humaine, la norme guide est inférieure ou égale à 100 UFC/ml à 37°C, donc on peut dire que nos échantillons sont de qualité non acceptable et très en dessous de cette norme.

La contamination de ces eaux par les FTAM pourrait être due à la mauvaise protection des puits (puits à ciel ouvert) et des sources, la méconnaissance des règles élémentaires d'hygiène, la pollution avoisinante (élevage des bétails, existence des fosses septiques et des latrines) et l'absence d'un réseau d'assainissement, et aussi cette contamination pourrait être due à l'usage non hygiénique de ces sources et puits.

Les charges microbiennes élevées en FTAM sur le milieu PCA sont probablement due aussi aux conditions d'échantillonnage et de manipulation.

Si le nombre des FTAM augmente, de manière importante, en particulier après une forte pluie, cela montre que la ressource est mal protégée et se contamine par des eaux d'infiltration.

- **Les coliformes totaux et fécaux**

- ✓ **Les coliformes totaux**

Les coliformes totaux sont d'origine animale et humaine, leur présence dans l'eau indique une contamination récente par des matières fécales (**Chevalier., 2003**).

Les résultats obtenus montrent la présence, à des concentrations élevées: 80 % des eaux renferment des coliformes totaux (La concentration maximale est (21,13 x 10² UFC. ML⁻¹) dans les eaux de sources étudiés (à l'exception de S₄) par comparaison aux eaux de puits, on remarque l'absence totale des coliformes totaux (à l'exception de l'échantillon P₅ (13,17 x 10² UFC. ML⁻¹).

80 % des eaux des puits étudiés sont conformes à la norme de potabilité, elles sont dépourvues de ces germes (0 UFC.100mL⁻¹), seul l'échantillon (P₅) qui est pollué.

80 % des eaux des sources étudiés sont pollués (à l'exception S₄), donc ces valeurs sont élevées en comparaison avec la norme de potabilité d'OMS qui est 0 UFC.100ML⁻¹

Cette contamination est probablement causée par les rejets domestiques, par la proximité des puits avec des fosses septiques et par l'infiltration d'eau de surface dans les puits. Ces probables causes, rejoignent celles détectées dans l'étude menée par **(El Haissoufi et al., 2011)**.

✓ **Les coliformes fécaux**

La présence des coliformes thermotolérants, signe l'existence quasi certaine de la contamination fécale d'une eau **(Richard., 1996)**.

D'après **l'OMS, (2004)**, évoquant que, la présence d'*E.coli* dans un échantillon, apporte la preuve incontestable d'une pollution fécale récente.

Les résultats obtenus: 80 % sont dépourvus de ces germes de contamination fécale alors (à l'exception des échantillons S₁et S₃).

Donc, les eaux de la plupart des puits et sources étudiées sont conformes avec la norme de potabilité en comparaison d'OMS qui est de 0 UFC.100mL⁻¹

Il est admis que, la présence de ces germes thermotolérants dans l'eau, même a des faibles taux, constitue un risque vital pour la santé humaine et animale.

Les sources probables de ces coliformes pourraient être:

- ✓ L'infiltration des eaux usées à partir des fosses septiques.
- ✓ Les crosses connexions entre les conduites des eaux usées et leur infiltration dans les puits.
- ✓ Les digestions des animaux.

• **Les streptocoques fécaux**

La détection d'entérocoques dans une nappe d'eau souterraine doit faire penser à une contamination d'origine fécale et la présence de micro-organismes entéropathogènes

(Chevalier., 2002; Ladjel., 2009).

Selon **(Figarella et al., 2002)**, la présence des streptocoques fécaux doit s'accompagner de la présence de coliformes fécaux pour être certain d'une contamination fécale d'une eau d'alimentation.

Les analyses bactériologiques effectuées sur les échantillons d'eaux de source et puits montrent des taux élevés de streptocoques fécaux, on marque:

60 % des eaux de sources étudiés étaient pollués (à l'exception S₄ et S₅), on a observé la concentration maximale de (140 UFC ML⁻¹) pour l'échantillon S1.

80 % des eaux de puits étudiés sont pollués (à l'exception de P₄), et la concentration maximale était (45 UFC ML⁻¹).

Ce nombre de streptocoques fécaux dépasse largement les normes françaises (**AFNOR., 1997**) qui exigent l'absence totale de cette flore (0UFC.100mL⁻¹) dans les eaux destinées à la consommation humaine.

D'après les travaux de **Youmbi et al., (2013)**, la présence, en nombre important, de streptocoques fécaux dans les eaux de puits et de sources atteste la contamination des ces dernières par les matières fécales stockées dans les latrines.

Le milieu Rothe est utilisé pour le test de présomption des streptocoques fécaux, ce milieu contient l'azide de sodium comme un agent sélectif et pour la confirmation, le milieu EVA Litsky est utilisé, ce dernier, à son tour contient l'agent sélectif mais en double concentration, supérieur à celle du Rothe avec l'éthyle violet qui inhibe les streptocoques fécaux, donnant des résultats faussement positifs.

- **Les Clostridium Sulfito-Réducteurs**

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 (**Hamed et al., 2012**).

D'après nos résultats obtenus montrent que:

100% des eaux de sources étudiés sont dépourvus de ces germes sporulés (0 UFC.100mL⁻¹), donc sont conforme aux normes de l'OMS qui recommandent un nombre maximal de 5 UFC.20mL⁻¹ (**OMS, 1994**), alors, elles sont d'excellente qualité pour ce paramètre.

80 % des eaux de puits étudiés montrent la présence des spores, sur milieu complexe VF, on remarque que la concentration maximale était (102,3 UFC ML⁻¹).

D'après les normes de potabilité d'OMS, les résultats obtenus sont donc considéré comme non conforme aux normes de l'OMS.

La présence des spores des anaérobies sulfito-réducteurs dans une eau naturelle, fait penser à une contamination fécale et en l'absence de bactéries coliformes, à une contamination fécale ancienne. Elles sont très persistantes et leur présence est un bon indicateur de la vulnérabilité des aquifères et des puits (**Travel A., 2006**).

- **La flore eucaryote**

Les analyses bactériologiques effectuées sur les échantillons d'eaux de sources et puits montrent la présence de flore eucaryote dans: 80 % des eaux de sources et 40 % des puits contrôlés.

On observe que la concentration maximale, dans le cas des eaux de sources est (567 UFC. ML⁻¹ (S₁), et dans le cas des eaux de puits est (3,34 UFC. ML⁻¹ (P₃ et P₅). Donc Ce nombre des flores eucaryotes dépassent largement les normes exigeant l'absence totale de cette flore dans les eaux destinées à la consommation humaine.

Nos résultats relatives aux échantillons (S₅, P₁, P₂ et P₄) sont dépourvus de cette flore eucaryote (Champignons et Levures) Donc, ils sont conformes aux normes de potabilité en comparaison avec les normes d'OMS: 0 UFC.100mL⁻¹.

Conclusion

Conclusion

L'objectif de la présente étude, fixé au départ, était l'évaluation des qualités physicochimiques et microbiologiques pour cinq échantillons des eaux de puits et cinq autres de sources, collectés dans la région d'Ouled Brahem, wilaya de Bordj Bou Arreridj, Nord -Est Algérien durant le mois d'avril.

Les résultats des analyses physicochimiques, pour l'ensemble des échantillons semblent conformes aux normes nationales et celle de l'OMS.

Alors que les résultats des tests microbiologiques ont révélés, des flores adventices diverses, témoignant de multiple pollution.

Il s'agit, pour l'ensemble de la présence des flores indicatrices des contaminations diverses, en masses élevées, ou nous avons enregistré pour les eaux de sources et de puits en UFC/ml, les moyennes suivantes pour: La flore totale aérobie mésophile ($189,2 \times 10^4$ - $94,88 \times 10^4$), les coliformes totaux ($17,38 \times 10^2$ - $2,63 \times 10^2$), les coliformes fécaux ($4,906 \times 10^2$ -0) les streptocoques fécaux (42-14,58), et les bacilles sulfite-réducteurs (0 - $36,2 \times 10^1$) respectivement.

A la lumière de ces résultats primordiaux, les échantillons prélevés de sources ont donnés des moyennes élevés des coliformes (flores indicatrices de contamination récente) alors que les eaux prélevés des puits ont donnés les moyennes les plus élevés des flores indicatrices de pollutions anciennes.

Donc, la qualité physicochimique est acceptable. Paradoxalement l'ensemble des échantillons étaient d'une qualité microbiologique très en dessous des normes nationales et internationales (OMS).

Ces résultats sont loin d'être concluants; il est souhaitable, en perspective de compléter l'étude par un effectif des eaux souterraines plus élevés, plus représentatif et collecter des localités plus large et étaler sur les quatre saisons de l'année.

Références
Bibliographiques

Références Bibliographiques

- Abdesselem. A., 1999:** Suive de la qualité microbiologique et physicochimique de trois serres alimentant de la région de Tlemcen, Mémoire d'ingénieur institut de biologie, université de Tlemcen. Pp 2-18.
- AFNOR., 1997:** Qualité de l'eau, Tome1:Terminologie, échantillonnage et évaluation des méthodes, 3ème édition, Paris, France, P 656.
- Aminot A. & Kérouel R., 2004:** Hydrologie des écosystèmes marins : paramètres et analyses. Edition: Ifremer France,P 336.
- Anonyme., 2001:** Alegria Water Quality Country Report, Rapport sur la gestion de l'eau et de l'intervention. Ministère de l'aménagement du territoire et de développement durable PNAE- DD. Algerie
- Anonyme., 2002:** Rapport. Ministère de l'aménagement du territoire et de développement durable PNAE- DD.
- Archibald.F., 2000:** The présence of coliform bacteria in Canadian pulp and paper mill water system- a cause for concern? *Water quality Research journal of Canada*, 35(1): 122.
- Aubry P., 2013:** Les salmonelloses. Médecine tropicale diplôme de médecine tropicale des pavas de l'océan INDIAN. Article. P6.
- Aubry., 2014:** Poliomyélite. Médecine. Diplôme de médecine tropicale des pavas de l'océan indien. Article. P 9.
- Benmaïd A., 2013:** La sécurité liée à l'eau: gestion des risques et arbitrages Commissariat général au développement durable, Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable, études & documents, N° 100, P 40.
- Bennana M., 2013:** Étude de la pollution de l'eau et du littoral du lac de Hassi ben Abdellah, Master académique, Université Kasdi Marbah, Ouargla, P 46.
- Bermond R., Vuichard R., 1973:** Les paramètres de la qualité des eaux Documentation Française, Paris, P179
- Bosca C., 2002:** Ground water law and administration of sustainable development Mediterranean Magazine, Science Training and Technology, N° 2, Pp: 13-17.
- Boualem. R:** Contribution à l'étude de la qualité des eaux des Barrages, Article.
- Bourgeois C.M., Mescle J.F., 1996:** Microbiologie alimentaire: Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Edition Lavoisier .P: 5- 6.
- Bourgeois M. et Quellec A., 1991:** Techniques d'analyses et de contrôle microbiologiques dans les industries agro-alimentaires. Edition: Lavoisier Paris, France.
- Bouziani M., 2000:** L'eau de la pénurie aux maladies, Edition ibn khaldoun, P 247.
- Brémaude C., Claisse J. R., Leulier, F. Thibault J & Ulrich E., 2006:** Alimentation santé, qualité de l'environnement et du cadre de vie en milieu rurale. Edition Educagri. Dijon. France. Pp: 220- 221.
- Cardot C., 1999:** Les traitements de l'eau: procédés physico-chimiques et biologiques cours et problèmes résolus: génie de l'environnement. Edition Elipses. P 71.
- CEAQE., 2000:** Recherche de dénombrement des coliformes fécaux; méthode par filtration sur membrane. Centre d'expertise en analyse environnementale Gouvernement du Québec, P 24.
- Centre d'Information sur l'Eau (CIE)., 2013.** Le cycle naturel de l'eau, le mercredi 7 août 2013, P 6.
- Chevalier P., 2002:** Entérocoques et Streptocoques fécaux. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine, Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec, P5.

- 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, P 4.
- Clausen EM, BL Green and W Litsky., 1977:** Fecal streptococci: indicators of pollution. Dans: Hoadley, AW et BJ Dutka, édit., *Bacterial Indicators/Health hazards associated with water*. American Society for Testing and Materials, ASTM STP 635, Pp:247-264.
- Collin J.J., 2004:** Les eaux souterraines: Connaissance et gestion, HERMANN Editeurs des sciences et des arts, paris, Pp: 27- 49.
- Degremont G., 2005:** Mémento technique de l'eau, Tome 1, 10^{ème} édition, Edit. Tec et doc, Pp: 3- 38.
- Degremont., 1989.** Mémento technique de l'eau, Technique et documentation, tome 1 P: 5, 24- 25.
- Dinnart E.P., 2003:** La détermination de la salinité de surface des océans à partir de mesures radiométriques hyperfréquences en bande L, Thèse de Doctorat Université Paris V- France.
- Djabri L., 1996:** Mécanismes de la pollution et vulnérabilité des eaux de la Seybouse origine géologiques, industrielles, agricoles et urbaines, Thèse de doctorat d'état, Université d'Annaba, Algérie, P176 .
- Dussart B., 1966:** Limnologie : Etude des eaux continentales. GauthierVillars, Ed., Paris.
- Edberg R., Raczynski M., Prost J.C. et Elmur T., 2000:** Aide à la fiabilisation de l'eau potable en milieu rural. Aspect techniques et financiers .OI eau France .P: 5.
- Edberg SC., EW Rice., RJ Karlin., MJ Allen., 2000:** *Escherichia coli*: The best biological drinking water indicator for public health protection. Journal of applied Microbiology, 64: 3079-3083.
- El Ghachtoul Y., Alaoui Mhamdi M., Gabi. H., 2005:** Eutrophisation des eaux des retenues des barrages Smir et Sehla (Maroc): causes, conséquences et consignes de gestion, Rev. Sci. Eau, 18, P 75-89.
- El Haissoufi H., Berrada S., Merzouki M., Aabouch M., Bennani L., Benlemlih M., Idir M., Zanibou A., Bennis Y., El Ouali lalami A., 2011:** Pollution des eaux de puits de certains quartiers de la ville de Fès, Maroc, Rev. Microbiol. Ind. San et Environn, Vol 5, N°1, Pp: 37-68.
- Emand Barres A.L., Roux J.C., 1999:** Périmètre de protection des captages d'eau souterraine destinée à la consommation humaine ; Guide méthodologique et réglementaire, Edition BRGM, manuels et méthodes n°33, 2^{ème} édition, P 19.
- Ezziane S., 2007:** traitement des eaux de rejets, le Mémoire Présenté pour obtenir le diplôme de Magister, Université HASSIBA BEN BOUALI de CHLEF, P 186.
- Fakih lanjri A., Brigui J., El Cadi A., Khaddor M., Salmoune F., 2014:** Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de Tanger, *Journal de Matériel et Science de l'Environnement, Vol 5, N° S1, P: 2230- 2235.*
- Faurie C, Medori P, Ferrà C., 2003:** Ecologie: Approche scientifique et pratique 5^{ème} Edition, Lavoisier doc et tec, Paris, P 312
- Figarella J., Leyral G., 2002:** Analyse des eaux: Aspects réglementaires et techniques. Ed. Scérén CRDP d'Aquitaine, Paris,P 360 .
- Freddy Shukuru Salumu., 2010:** Approvisionnement en eau dans la ville de Bukavu et son impact sur les maladies de mains sales. Biologie et médecine. Mémoire licence. Université officielle de BUKAVU. P 163
- Friedli C., 2002 :** Chimie générale pour ingénieur. Edition : presse polytechniques.
- Gerard. G., 1999 :** L'eau: Milieu naturel et maîtrise, Édition INRA : Volume 1, P 204.
- Gleeson C et Gray N 1997:** The coliform index and water borne disease. E & FN Spoon, P 194.

- Gomella G., Guerree H. et Neveux Marc., 1974:** La distribution de l'eau dans les agglomérations urbaines et rurales. Edition Eyrolles.
- Gommella. M., Gurree. H., 1983:** les eaux usées dans les agglomérations urbains ou rurales Ed EYROLLES 61 boulevard saint – Germain, 1983, P 249.
- Google Earth.**
- Gregorio C, Pierre-Marie. B., 2007:** Traitement et épuration des eaux industrielles polluées: Procédés, Presses Univ. Franche-Comté,P 356 .
- Guiraud J-P et Galzy P. 1980:** L'analyse microbiologique dans les industries alimentaires. Edition: de l'Usine nouvelle, Paris. Pp 236.
- Guiraud J-P. 2003:** Microbiologie alimentaire. Edition. Dunod, Paris. Pp 651.
- Hade A., 2007:** Nos lacs : Les connaître pour mieux les protéger. Edition Fides. Bibliothèque national du Québec Canada.
- Hakmi A., 2006:** Traitement de l'eau de source Bousfer Oran. Mémoire de licence traitement des eaux, Université des Sciences et de la Technologie Oran, P 48.
- Hamdi Wassila., 2011:** Qualité hygiénique et caractéristiques physico-chimiques des eaux domestiques de quelques localités de la cuvette de .Mémoire magister. Ouargla. Département des sciences de la nature et de la vie. Option: Microbiologie appliqué. P107.
- Hamed M., Guettache A., 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 Contrôle de qualité et d'Analyse, faculté des sciences et technologies, Département des sciences, Université de Bechar, P 134.
- HCEFLCD., 2006:** Etude sur la pisciculture au barrage Almassira, CR dar CHAFAAI, Cercle d'ELBROUGE Province de Settat, Maroc. P 201.
- Henaut A., 2011:** Pollution de l'air et de l'eau, les dossiers de science et politiques publiques, Université Pierre et Marie Curie, Paris, P02.
- Henri. L., 2012:** L'eau Potable, Édition réimprimée, P 190.
- IOM., 2000:** Clearing the air : Asthma and indoor air exposure. Committee on the assessment of asthma and indoor air. Division of health and disease prevention. National Academy Press. Washington. P 456.
- Jacques. M, 2006:** Océan et climat, IRD Editions P 222.
- Journal Officiel de la République Algérienne (JORA),, 2011:** Décret exécutif n° 11- 22 mars 2011 relatif, qualité de l'eau de consommation humaine, Imprimerie Officielle, Les Vergers: Bir-Mourad Raïs, Alger, Algérie, Pp: 7-25.
- Journal Officiel de la République Algérienne (JORA75/2009). 2009:** Décret exécutif n° 09- 414. *Journal Officiel de la République Algérienne N°75, 20 décembre 2009, Alger: 10-15.*
- Journal Officiel de la République Algérienne JORA, 51/2000:** Les normes de potabilité d'une eau de consommation. Journal officiel de la République algérienne N°51/2000, 20 août 2000, Alger, P 4 .
- Kankou M., 2004 :** Vulnérabilité des eaux et des sols de la rive droite du fleuve Sénégal en Mauritanie : étude en laboratoire du comportement de deux pesticides, Thèse de doctorat, Université de Limoges, P 159.

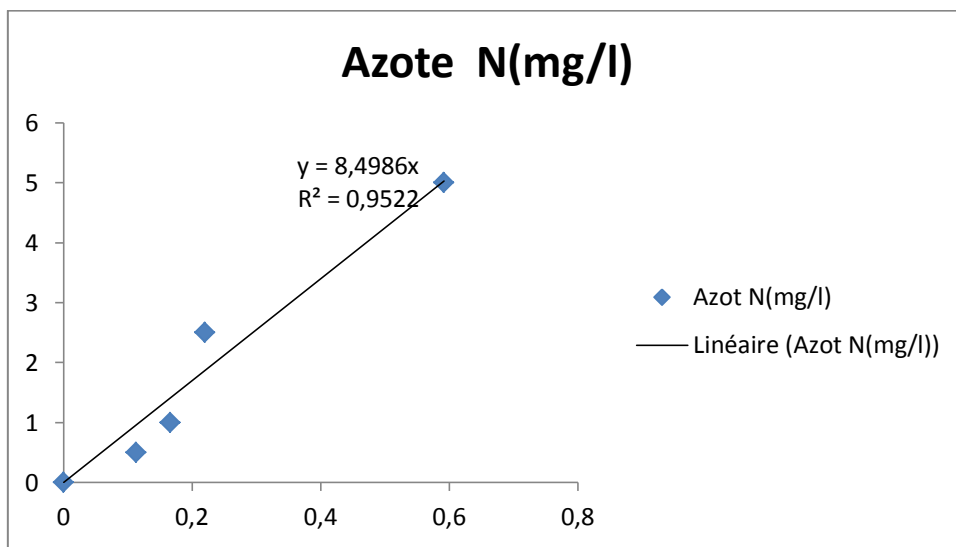
- Ladjel S., 2009:** Contrôle des paramètres physico-chimiques et bactériologiques d'une eau de consommation
Les cahiers techniques du stage T 7, Centre de formation en métiers de l'eau, Tizi Ouzou
P 101.
- Larpent J. P. 1997:** Microbiologie alimentaire: Technique de laboratoire. Ed. Technique et documentation-
Lavoisier, Paris, P 1073.
- Lefèvre J.G., 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.
- Leyral. G, Ronnefoy. C, Guillet. F., 2002:** Microbiologie et qualité des industries agroalimentaire, Paris, P 245.
- Maïga Fatoumata Sokona., 2002:** Manuel de la cour d'hygiène du milieu, F.M.P.O.S
- Marcel Dore:** Chimie des oxydants et traitement des eaux. L'université de Poitiers (E.S.I.P), P: 2-3.
- Margat J., 1992:** L'eau dans le bassin méditerranéen. Situation et perspective. Edition: Harmattan.
- Mbeukam kangang elisabeth., 2013:** Evaluation de la qualité bactériologique et physicochimique des eaux
du lac municipal d'akonlinga. Département des sciences biologiques. (D.I.P.E.S. II).
Université de YAOUNDE I. P 60.
- Melquiot P., 2003:** 1.100 mots et abréviations de l'environnement et développement durable. Recyconsulte.
Lyon. France. P 190.
- Merabet Soumia., 2011:** Etude comparative de deux systèmes aquatiques dans le Sahara septentrional (chott
Merouane et Ain el BEIDA), environnement et signes de dégradation. Mémoire magister.
Université Kasdi Merbah. Ouargla. P171.
- Mizi Abdelkader., 2006:** Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de Bejaia
et valorisation de déchets oléicoles. Thèse de doctorat d'état, université d'Annaba, Algérie
P: 26, 27.
- Mokeddem. K, Ouddane. S., 2005:** Qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de source sidi
Yaakoub (Mostaganem), Mémoire d'ingénieur institut de biologie– Mascara : Pp 18-22.
- Molinie L., 2009:** Dispositifs rustiques d'alimentation et de Traitement de l'eau potable pour des services
de petites tailles en régions défavorisées, Agro Paris Tech, Montpellier, Cedex 4, P 7.
- Nouayti N., Khattach D., Hilali M., 2015:** Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraines
des nappes du Jurassique du haut bassin de Ziz (Haut Atlas central, Maroc), *Journal
de Matériel et Science de l'Environnement, Vol 6, N° 4, Pp: 1068-1081.*
- OMS., 1994:** Directives de qualité pour l'eau de boisson; volume 1, recommandations, Organisation mondiale
de la Santé, 2e édition, P 202 .
- OMS., 2004:** Directives de qualité pour l'eau de boisson. 3ème édition, Vol 1. Directives, Ed. Organisation
mondiale de la sante, Genève, P 110.
- OMS., 2012:** Prévention et lutte contre l'hépatite virale. P 32
- Plantaz D., 2005:** Méningites infectieuses de l'enfant (96).docteur Cécile. Article. BOST-BRU .P 7.
- Prescott., Harley., Klein. 1999:** Microbiologie. *De Boeck. Université, P 981.*
- Rabiet M., 2006:** Contamination de la ressource en eau par les eaux usées dans un bassin versant méditerranéen
apport des éléments majeurs, traces et terres rares, Thèse de Doctorat, Université
Montpellier II.
- Richard C., 1996:** Les eaux, les bactéries, les hommes et les animaux, Ed. Scientifiques et Médicales, Elsevier,
Paris, P 115.
- Rodier J., 1996:** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 7ème édition.

- Rodier J., 2005:** L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 8eme édition: Dunod, Paris.
- Rodier J., Bazing C., Broutin J. P., Chambon P., Champsaur H., Rodi L., 2005:** L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie interprétation des résultats.Ed Dunod, Paris, P 1384.
- Rodier J., Legube B., Merlet N. 2009:** L'analyse de l'eau, 9ème édition, Ed. Dunod, P 1579.
- Rodier J., Legube B., Merlet N., et coll., 2009:** L'Analyse de l'eau. 9ème édition. Dunod. Paris. P: 50, 418.
- Rodier. J., 1996:** L'analyse De L'eau, Eaux Naturelles, Eaux Résiduaires, 8ème Edition, Dunod, paris, P 1335.
- Rodier. J., 1997:** L'analyse De L'eau (eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer), 8ème edition, Dunod Paris, P 66.
- Samake H., 2002:** Analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 2000 et 2001, P 77.
- Savary P., 2010:** Guide des analyses de la qualité de l'eau, territorial édition, Voiron, Pp: 10-179.
- Schwartzbrod J., Capizzi-Banas S., 2003:** Parasite contamination of liquid sludge from urban wastewater treatment plants, Water Science and Technology 47, Pp: 163-166.
- Seghiri R., 1996:** Elimination des substances humiques extraites de l'eau de la retenue de Hammam-Ghrouz par coagulation-floculation avec le fer ferrique et les sels d'aluminium, Thèse de Magisteruniversité de Constantine.
- Taupenac ., 2006:** Physique-chimie. 5eme éditions: Bréal.
- Travel A., 2006:** Attention à la qualité de l'eau de boisson, Réussir Aviculture, Nov., N° 121, Pp: 21-23.
- Trombe F., 1995:** Des eaux souterraines. Presses universitaire de France.
- UNEP/MAP/MEDPOL.,2004:** Guidelines on environmental inspection systems for mediterranean region. MAP technical reports series N° 149.
- Villiers J., Squilbin M., Yourassowsky C., 2005:** Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface: cadre général. Bruxelles.
- Yelezoumin Stephane, Coentini Somé, Thomas Domegnon Soro et Souleymane Ouedraogo., 2014:** Etude de la prévalence des maladies liées a l'eau et influences des facteurs environnementaux dans l'arrondissement de nomgr-masson: cas du quartier Tangjin (OUAGADOUGOU-BURKINA FASO). Original papier. BURKINA FASO. Article. P 15
- Youmbi J.G.T., Feumba R., Njitat V.T., Marsily G., Ekodeck G.E., 2013:** Pollution de l'eau souterraine et risques sanitaires à Yaoundé au Cameroun, Colloque panafricain (Dakar 2012), Comptes Rendus Biologies, Elsevier Masson SAS., Pp: 310–316.

Annexes

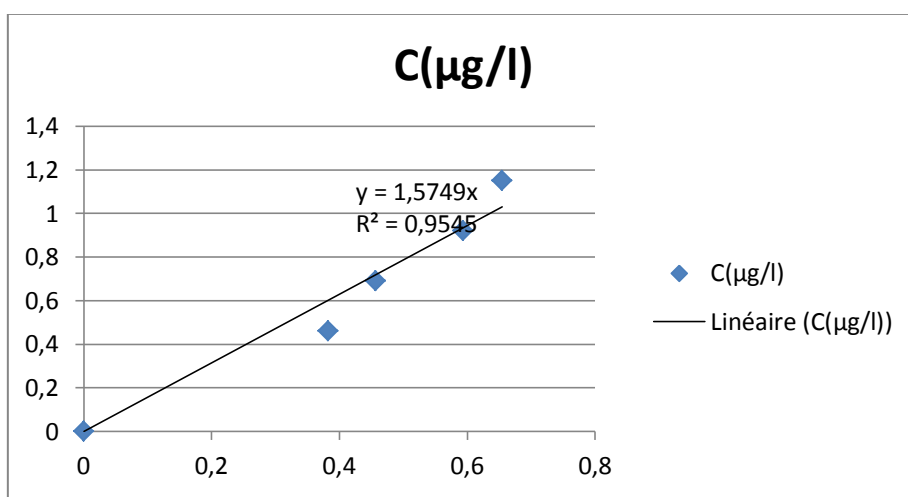
Annexe 01: Annexes physicochimiques

DO	00	0,113	0,166	0,22	0,592
Azote N (mg/l)	00	0,5	1	2,5	5



Courbe d'étalonnage de nitrate

DO	0	0,383	0,457	0,594	0,655
C (µg/l)	0	0,46	0,69	0,92	1,15



Courbe d'étalonnage de nitrite

Annexe 02: Milieux de cultures

➤ Milieu peptone-extrait de Levure (PCA)

Peptone.....	6 g
Extrait de levure.....	3 g
Gélose.....	15 g
Eau D.....	1000 ml

pH final 7, 2. Stérilisés à 121°C pendant 15 à 20 minutes.

➤ Milieu VRBG

Extrait de levures.....	3 g
Peptone pancréatique de caséine.....	7 g
Désoxycholate de sodium.....	0,5 g
Glucose.....	10 g
NaCl.....	5 g
Rouge neutre.....	30 mg
Cristal violet	2 mg
Gélose.....	11g
Eau D.....	1000 ml

pH = 7,4. Ne pas autoclaver.

➤ Milieu de ROTHE

Peptone.....	20 g
Glucose.....	5 g
NaCl.....	5g
KH ₂ PO ₄	2,7 g
K ₂ HPO ₄	2,7 g
Azide de sodium.....	0,2 g
Eau D	1000 ml

pH = 6,8. Stériliser à 121°C pendant 20 minutes.

➤ Milieu de LITSKY

Tryptone.....	20 g
Glucose.....	5 g
Chlorure de sodium.....	5 g
Phosphate bipotassique.....	2.7 g
Phosphate monopotassique.....	2.7 g
Azide de sodium.....	0.3 g

Éthyle violet..... 0.0005 g
Eau distillée..... 1000 ml

pH = 6,8. Stériliser à 121°C pendant 20 minutes.

➤ **Milieu viande-foie (VF)**

Base viande foie..... 30 g
Glucose.....2 g
Amidon..... 2 g
Gélose..... 11 g

pH = 7,2. Stériliser 15 minutes à 110°C.

➤ **Milieu Sabouraud**

Peptone pepsique de viande10,0 g
Glucose.....20,0 g
Agar agar bactériologique.....15,0 g
Eau D.....1000 ml

pH du milieu prêt à l'emploi à 25°C.

Annexe 03: Table de Mac-Grady

Nombre caractéristique	Nombre de micro-organisme
000	0.0
001	0.3
010	0.3
011	0.6
020	0.6
100	0.4
101	0.7
102	1.1
110	0.7
111	1.1
120	1.1
121	1.5
130	1.6
200	0.9
201	1.4
202	2.0
210	1.5
211	2.0
212	3.0
220	2.0
221	3.0
222	3.5
223	4.0
230	3.0
231	3.5
232	4.0
300	2.5
301	4.0
302	6.5
310	4.5
311	7.5

312	11.5
313	16.5
320	9.5
321	15.0
322	20.0
323	30.0
330	25.0
331	45.0
332	110.0
333	140.0

Annexe 04: Noms d'échantillons.

Les eaux de sources	Les eaux de puits
S₁ : source de Zbayche	P₁ : puit de Cheham
S₂ : source de Hwassi	P₂ : puit de Benkhadra
S₃ : source de Belguennifi	P₃ : puit de Bou Batikh
S₄ : source de Ain Talba	P₄ : puit de Ain Ben Ayed
S₅ : source de Ain Bas	P₅ : puit de Bensaou

	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nombre caractéristique	333	330	331	000	000	100	300	331	00	330
Nombre deMO	140	25	45	0,0	0,0	0,4	2,5	45	0,0	25

(+) . Un trouble microbien avec une pastille blanchâtre ou violette au fond dutube

(-): Absence de trouble microbien.

Tableau 5: résultats de la recherche des Clostridium sulfito-réducteurs

Echantillon	Eau de sources					Eau de puits				
	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅
10 ⁻¹	0	0	0	0	0	3	5	7	2	0
10 ⁻³	0	0	0	0	0	0	2	3	0	0
10 ⁻⁵	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau 6: Résultats de la recherche de la flore eucaryote

Echantillon Et dilution	Eau de sources					Eau de puits				
	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅
10 ⁻¹	70	14	2	3	0	0	0	1	0	1
10 ⁻³	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10 ⁻⁵	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

-méthode de calcule ces résultats en UFC/ml

Exemple: FTAM

$$\underline{S1}: 10^{-1}: 273 \times 10^1 = 2730$$

$$10^{-3}: 225 \times 10^3 = 225000$$

$$10^{-5}: 50 \times 10^5 = 5000000$$

$$(2730 + 225000 + 5000000) / 3 = 1742576$$

$$= 174 \times 10^4 \text{ UFC/ml}$$

Annexe 6: Images des résultats microbiologiques

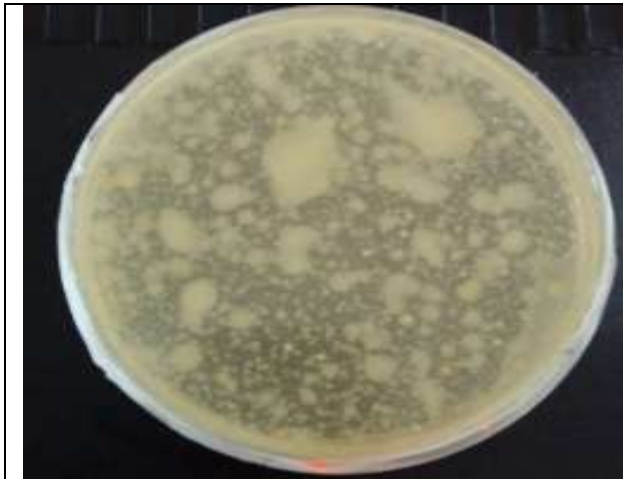


Image1: Boite PCA positive à 37 °C de l'eau de source

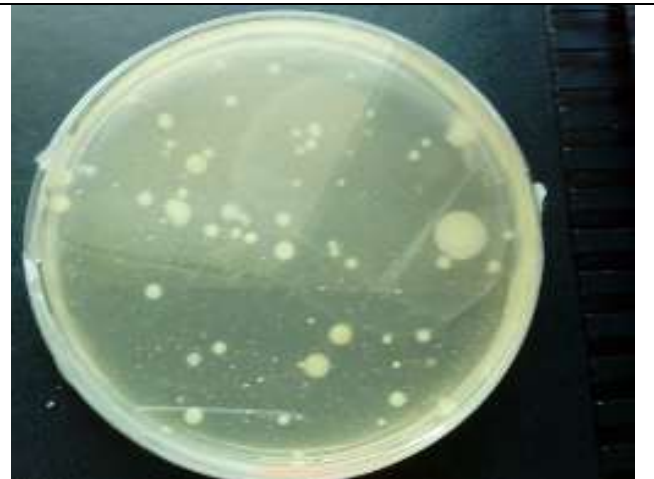


Image 2: Boite PCA positive à 37 °C de l'eau de puits

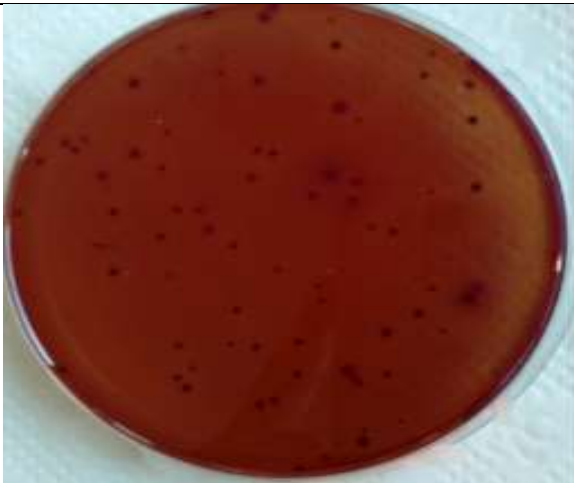


Image 3 : Boite VRBG positive à 37 °C de l'eau de source



Image 4: Boite Sabouraud positive à 25 °C de L'eau de source

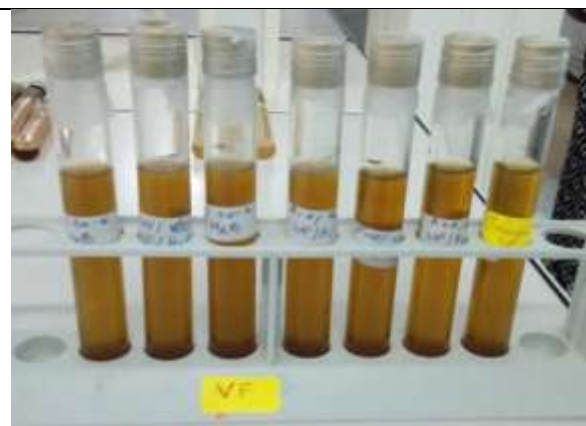


Image5: Tubes VF Négatifs à 37 °C de L'eau de source



Image 6: Tube VF Positif à 37 °C de l'eau de puits



Figure 7: Tubes LITSKY positifs à 37°C
de l'eau de source

