

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJE-BOUIRA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA
TERRE
DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUE



Réf :..../UAMOB/F.SNV.ST/DEP.BIO/2021

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER EN :

Domaine : SNV **Filière** : Sciences Biologiques

Spécialité : Microbiologie Appliquée

Présenté par :

ZERROUKI Fatima Zohra / CHELALI Hanna

Thème

**Etude des paramètres bactériologiques et physico-chimiques des
différentes sources d'approvisionnement dans la région de Bouira**

Soutenu le : 19/09/2021

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom

Grade

Mme LAMRI. N

MCB à UAMOB

Présidente

Mme BENBARA .T

MAA à UAMOB

Examinatrice

Mme MEDBOUA. C

MCB à UAMOB

Promotrice

Année Universitaire 2020/2021



Remerciement

En préambule à ce mémoire, Nous tenons à remercier le bon dieu tout puissant de nous avoir donné la volonté, le courage et la patience d'accomplir ce modeste travail et nous avoir mis sur le bon chemin.

Nous tenons à remercier tout particulièrement et vivement, notre promotrice Mme MEDBOUA .C Enseignante à l'université de Bouira pour avoir accepté de diriger ce travail et pour son appui, ses conseils et ses orientations tant pour nous avoir accordé leur confiance. Nous lui adressons nos vifs remerciements. Qu'elle trouve ici l'expression de notre profonde reconnaissance.

Par la même occasion je remercie les membres du jury qui ont bien accepté de juger notre travail, et qui ont pris le temps de rapporter ce mémoire et d'assister à la soutenance.

Je tiens également à remercier Mr SAIKI Ahcen, chef de laboratoire et de nous a permis d'effectuer notre stage au sein du laboratoire central de l'ADE, et pour, nous a suivie et conseillés au cour de ce stage.

J'adresse aussi mes remerciement, Mme DEBBOUZ Yasmine, Mr MOHAND AMER Kocaeli Mme Bouzid Zahra, Rahmani Hayet pour m'avoir fourni des données qui mon aidé dans ce travail, ainsi que, Mme LALEG Nedjma, Mme MECHOUB Lydia et pour leurs aide au laboratoire, ainsi que tous les employés du laboratoire centrale de l'ADE.

Enfin, nos reconnaissances iront aussi à toute personne qui a participé et contribué de loin ou de près à l'achèvement et à la réalisation de ce travail...

Nos vifs remerciements



Dédicaces

*A l'aide de **Dieu** tout puissant, qui m'a tracé le chemin de ma vie, j'ai peu réalisé ce travail que je dédie :*

*A la lumière de mes yeux, l'ombre de mes pats et le bonheur de ma vie ma mère **Malika** Qui m'a apporté son appui durant toutes mes années d'étude pour son sacrifice et soutien qui m'ont donnée confiance, courage et sécurité.*

*A mon chère père **Abde El Aziz Nacer** qui m'a appris le sens de la persévérance tout au long de mon parcours pour ses encouragements.*

*A mes Très chère frères : **Ahmed, Younes, Azeddine, Mohamed**
A ma très chère sœur **Sarah** qui a toujours été à mes côtés et ma toujours soutenue, avec ses encouragements et son amour.*

*A ma chère sœur **Meriem** et son marie **Oualid**.*

*A mes nièces : **Miral et Mélina***

*A mes Oncles et Tantes et mes cousins et cousines surtout mes chères **Feriel, Rebiha et Nihel**.*

*A ma cousine et ma meilleur ami **Kaouther** pour son soutien et son encouragement et sa présence dans ma vie de tous les jours.*

*A tous mes fidèles amies : **Asma, Rima, Lydia, Sarah** avec lesquelles j'ai passé des moments de folie et de fous rires et de complicité, que Dieu les garde pour moi.*

*A ma très chère binôme **Hanna** et toute sa famille.*

✦Fatima Zohra✦

Dédicaces

Je dédie ce mémoire

*A mes chers parents **ma maman** et **mon papa***

*Pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse,
leur soutien et leurs prières tout au long de mes
études.*

*A mes chères sœurs **Ibtissem** et **Meriem** pour leurs
encouragements permanents, et leur soutien moral*

*A mon cher frère **Abdel moumen**.*

*A ma chère tante **Hassiba** et son fils **Younes** que j'aime
beaucoup que Dieu vous accorde santé et longue vie.*

*A mes oncles et tantes et mes cousines : **Maroua** et
Safa.*

*A ma copine **Nihad** et à tous ceux qui m'aiment.*

*A ma binôme **Fatima** ainsi que toute sa famille, je leurs
souhaite tout le bonheur du Monde.*

◆ Hanna ◆

Table des matières

| | |
|--|-----|
| Remerciement..... | II |
| Dédicaces | III |
| Table des matières | V |
| Liste des figures | VII |
| Liste des tableaux | IX |
| Liste des abréviations | X |
| Introduction | 1 |
| Chapitre I : Synthèse Bibliographique | 3 |
| I. Définition de l'eau | 3 |
| II. États physique de l'eau | 3 |
| III. Cycle de l'eau..... | 4 |
| IV. Les sources des eaux | 5 |
| V. Pollution de l'eau..... | 7 |
| VI. Risques liés à la pollution des eaux | 8 |
| 6.1. Maladies d'origine bactérienne | 9 |
| 6.1.1. Choléra..... | 9 |
| 6.1.2. Fièvres Typhoïde | 10 |
| 6.2. Maladies d'origine virale | 10 |
| 6.2.1. Hépatite A..... | 10 |
| 6.2.2. Poliomyélite..... | 11 |
| 6.3. Maladies d'origine parasitaire..... | 11 |
| 6.3.1. Amibiase | 11 |
| 6.3.2. Giardiose..... | 11 |
| 6.4. Maladies liées aux éléments chimiques | 12 |
| VII. Traitement d'eau potable | 12 |
| VIII. Les Normes de potabilité..... | 13 |
| I. Caractéristiques des eaux | 13 |
| 1.1. Paramètres organoleptique | 13 |
| 1.2. Paramètres physico-chimiques..... | 14 |
| 1.3. Paramètres volumétriques | 15 |
| 1.4. Paramètre de spectrophotométrie | 16 |
| 1.5. Paramètres de pollution..... | 17 |

| | |
|---|----|
| 1.6. Caractères microbiologiques | 18 |
| 1.6.1. Les coliformes totaux | 18 |
| 1.6.2. Les coliformes fécaux (Thermotolérants)..... | 19 |
| 1.6.3. Streptocoques fécaux | 19 |
| 1.6.4. <i>Clostridium</i> sulfito-réducteur | 19 |
| 1.6.5. Germes totaux à 22 C° et 37 C° | 19 |
| Chapitre II : Partie expérimentale. | 21 |
| I. Présentation de la région d'étude | 21 |
| 1.1. Situation géographique..... | 21 |
| 1.2. Reliefs et climat..... | 21 |
| 1.3. Hydrologie de la région d'étude..... | 21 |
| II. Présentation de l'unité d'ADE Bouira..... | 21 |
| 2.1. Définition de l'ADE..... | 21 |
| 2.2. Rôle de laboratoire | 22 |
| 2.3. Organigramme de l'ADE | 23 |
| III. Choix des régions échantillonnées | 23 |
| IV. Méthodologie de travail..... | 25 |
| 4.1. Les paramètres physico-chimiques | 25 |
| 4.2. Les paramètres de pollution | 29 |
| 4.3. Les paramètres bactériologiques | 32 |
| Chapitre III : Résultat et discussion | 44 |
| I. Résultat des Analyses physico-Chimiques Réduites (ACR) | 44 |
| II. Résultat des paramètres de pollution | 48 |
| III. Résultats des paramètres bactériologiques | 50 |
| 3.1. Coliformes totaux et fécaux | 51 |
| 3.2. Streptocoque fécaux | 52 |
| 3.3. Les <i>Clostridium</i> sulfito- réducteurs..... | 52 |
| 3.4. Germes totaux | 53 |
| Conclusion..... | 55 |
| Liste des références | 57 |
| Annexes..... | A |
| Résumé | 59 |

Liste des figures

| | |
|---|----|
| Figure 1: La molécule de l'eau..... | 3 |
| Figure 2: Les états physiques de l'eau | 4 |
| Figure 3: Les différentes phases du cycle de l'eau | 5 |
| Figure 4: Les Pollutions de l'eau | 8 |
| Figure 5: Laboratoire centrale de l'ADE de Bouira..... | 22 |
| Figure 6: Organigramme de l'ADE régionale d'Alger | 23 |
| Figure 7 : Photos real de Barrage LAKHAL | 24 |
| Figure 8 : Les flacons d'eaux utilisées pour les analyses physico-chimiques | 26 |
| Figure 9 : Glacière pour la conservation et le transport des échantillons d'eaux..... | 26 |
| Figure 10 : Image représentative de pH mètre | 27 |
| Figure 11: Photos réal de conductimètre électrique | 28 |
| Figure 12: Image représentative de turbidimètre et sa cuve de mesure | 29 |
| Figure 13 : Dosage des ions nitrites (NO_2^-) | 30 |
| Figure 14: Dosage des ions d'ammonium (NH_4^+)..... | 31 |
| Figure 15: Dosage de phosphate (PO_4^{3-}) | 32 |
| Figure 16: Méthodologie d'échantillonnage | 34 |
| Figure 17: Le résultat de la recherche des Coliformes totaux..... | 36 |
| Figure 18 : Anneau rouge représentant <i>E. coli</i> | 37 |
| Figure 19 : Le résultat de la recherche des Coliformes fécaux | 37 |
| Figure 20: Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux dans l'eau | 37 |
| Figure 21: Le résultat de la recherche des streptocoques..... | 38 |
| Figure 22 : Le résultat de la recherche des <i>Streptocoque Fécaux</i> | 39 |
| Figure 23 : Recherche et dénombrement des <i>streptocoques</i> fécaux dans l'eau | 39 |
| Figure 24 : Le résultat de la recherche des Clostridium sulfito-réducteur | 40 |
| Figure 25: Recherche et dénombrement des Clostridium sulfito-réducteurs..... | 41 |
| Figure 26: Les etapes de la recherche des germes tataux dans l'eau | 42 |
| Figure 27: Le résultat d'analyses des germes totaux | 42 |
| Figure 28: Représentation graphique des valeurs de la température des eaux prélevées..... | 44 |
| Figure 29: Représentation graphique du pH des sources étudiées..... | 45 |
| Figure 30: Représentation graphique de la conductivité électrique des eaux prélevées | 46 |
| Figure 31: Représentation graphique de la turbidité des eaux étudiées. | 47 |
| Figure 32: Représentation graphique du nitrite dans les échantillons prélevés. | 49 |

| | |
|---|----|
| Figure 33: Représentation graphique de l'ammonium dans les échantillons prélevés. | 50 |
| Figure 34: Représentation graphique des résultats de l'analyse bactériologique..... | 51 |

Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau 1: Principales différences entre les eaux de surface et les eaux souterraines..... | 6 |
| Tableau 2: Les principales maladies d'origine hydrique et leurs agents pathogènes | 9 |
| Tableau 3 : Exemples des maladies liées à quelques éléments chimiques | 12 |
| Tableau 4: Matériels et les appareils utilisés pour l'analyse physico-chimique | 25 |
| Tableau 5: Matériels et les appareils utilisés pour l'analyse bactériologique..... | 33 |
| Tableau 6 : Résultats des analyses bactériologiques..... | 51 |

Tableau ANNEXE

| | |
|--|---|
| Tableau 1: Normes International et Algériennes de l'eau potable..... | A |
| Tableau 2: Table de Mac Crady (Nombre le plus probable)..... | B |
| Tableau 3: Les différentes classes d'aptitude pour l'usage de production d'eau potable..... | F |

Liste des abréviations

| | |
|--------------------------------------|--|
| ABC : | Analyse Bactériologique Complète |
| ABR : | Analyse Bactériologique Réduite |
| ACC : | Analyse Chimique Complète |
| ACR : | Analyse Chimique Réduite |
| ADE : | Algérienne Des Eaux |
| BCPL : | Bromo Cresol Purple Lactose |
| C° : | Degré Celsius |
| CaCO₃ : | Carbonate de Calcium |
| Cond : | Conductivité |
| DBO₅ : | Demande Biologique en Oxygène en 5 jours |
| DCO : | Demande Chimique en Oxygène |
| DPD₁ : | Diéthyl-p-Phénylène Diamine 1(chlore libre) |
| DPD₄ : | Diéthyl-p-Phénylène Diamine 4(chlore totale) |
| EDTA : | Acide Ethylène Diamine Tétra acétique |
| H₃PO₄ : | Acide ortho Phosphorique |
| MES : | Matières En Suspension |
| MO : | Matière Organique |
| MTH : | Maladies à Transmission Hydrique |
| NPP : | Nombre Plus Probable |
| NTU : | Unités Néphélométries de Turbidité |
| OMS : | Organisation Mondiale de la Santé |

| | |
|----------------|---|
| pH : | Potentiel d'Hydrogène |
| T : | Température |
| TA : | Titre Alcalimétrique simple |
| TAC : | Titre Alcalimétrique Complet |
| TDS : | Taux des Sels Dissous |
| TGEA : | Gélose glucosée Tryptonée à l'Extrait de levure |
| TH : | Titre Hydrotimétrique |
| UC : | Unité de Couleur |
| UFC : | Unité Formant Colonies |
| VHA : | Virus de L'hépatite A |
| μS : | Micro Siemens |
| μS/cm : | Micro Siemens sur Centimètre |

Introduction

Introduction

L'eau est un élément essentiel de la vie biologique. Non seulement, elle est un nutriment vital, mais elle est aussi impliquée dans de nombreuses fonctions physiologiques essentielles telles que la digestion, l'absorption, la thermorégulation et l'élimination des déchets [1].

Toutefois, de par sa qualité, elle peut nuire à la santé de l'homme. L'eau insalubre est à l'origine de plusieurs maladies infectieuses, surtout dans les pays en voie de développements en Afrique où la carence en eau potable est un problème majeur, plus de 1,8 million de personnes meurent chaque année de maladies venant des mauvaises qualités de l'eau. Elle peut être induite par des activités anthropiques, notamment la pollution, ainsi que le mauvais assainissement et l'hygiène défectueuse des sources d'eaux [2].

La pollution des eaux est un phénomène international résultant d'épanchements chimiques, microbiologiques ou de changements thermiques, provenant de sources ponctuelles ou non ponctuelles. Les eaux polluées doivent subir différents traitements d'ordre physiques, chimiques et biologiques, selon le degré et la nature de la pollution, afin de les rendre potables[3].

L'eau constitue une ressource vitale elle doit être classée comme un patrimoine universel qui doit être protégée, défendue et traitée comme tel. La demande en eau potable de bonne qualité devient de plus en plus forte, pour le développement et le maintien de la vie sur notre planète, pour cela il faut préserver et assurer la persistance continue de l'eau[4].

L'eau potable en Algérie provient soit de sources souterraines, soit d'eaux de surfaces. La plupart des Algériens consomment de l'eau potable qui leur est fournie par des réseaux publics de distribution qui doivent satisfaire à des exigences de qualité fixées par des normes nationales[4]. Diverses études en Algérie ont porté sur la qualité physicochimique, bactériologique, et sur le plan organoleptique des eaux. Elles ont pu estimer leur potabilité, leur aptitude à l'irrigation, et par conséquent, leur impact sur la santé humaine et l'environnement. La région de Bouira qui est l'une des petites villes d'Algérie mais qui possède d'énormes réserves d'eau superficielles et souterraines et la quasi-totalité de sa population est raccordée au réseau de distribution en eau potable [5]. Afin de contribuer au contrôle de la qualité des eaux destinées à la consommation au niveau de cette ville, Nous avons réalisé une étude qui a porté sur l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique sur plusieurs échantillons prélevés dans différents sites et en comparant les résultats aux normes locales et internationales de potabilité de l'eau de manière à déterminer la qualité des eaux de la ville.

Introduction

Pour réaliser les objectifs de notre étude nous avons organisé notre travail en trois chapitres, le premier chapitre est exposé la synthèse bibliographique il présente des généralités sur la ressource « eau », les paramètres caractéristiques de la potabilité des eaux, les normes d'une eau potable ainsi que les risques liés à la mauvaise gestion de l'eau. Ainsi le deuxième chapitre est présenté les méthodes expérimentales employées. En dernier chapitre il portera sur les résultats d'analyses obtenus et leurs interprétation, enfin nous achevons notre étude par une conclusion générale ou sont récapitulés les principaux résultats obtenus.

Chapitre I : Synthèse

Bibliographique

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

Première partie : Généralité sur les eaux

I. Définition de l'eau

L'eau ou Oxyde de dihydrogène, elle est partout présente dans la nature. C'est un composé liquide incolore, inodore, sans saveur, mais avec des propriétés complexes à cause de sa polarisation et sa composition de différents sels minéraux, de pH neutre et c'est un excellent solvant entrant dans la composition de la majorité des organismes vivants [6].

La molécule d'eau est constituée d'un édifice électronique stable, qualitativement semblable au néon. Le mot "eau" vient du latin aqua c'est un corps pure et liquide à la température et à la pression normale dont les molécules sont composées d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogènes liés à l'atome d'oxygène par deux liaisons de covalence .Sa formule chimique est représentée par H_2O et sa masse moléculaire est de 18g [6].(Figure 01)

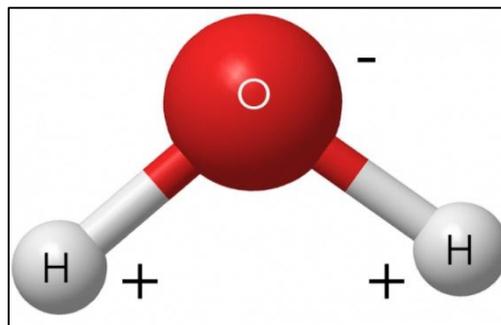


Figure 1: La molécule de l'eau

II. États physique de l'eau

L'eau est un constituant fondamental de notre environnement elle se présente sous différents états, sous forme solide quand la température est inférieure à $0^{\circ}C$ (c'est la glace de la banquise au niveau des pôles qui sont les plus grands réservoirs d'eau douce de la planète), le givre qui se forme par temps froid sur les arbres en hiver. Les calottes glaciaires et les glaciers représentent 2,1 % de l'eau présente sur la Terre) [1]. La forme liquide de l'eau se trouve dans les océans et les mers constitués d'eau salée ; ils représentent 97,2% de l'eau de la Terre. Les autres réservoirs d'eau liquide sont les lacs, les rivières et les eaux souterraines qui sont constitués d'eau douce[1]. Elle existe aussi sous forme de gaz (vapeur d'eau) dans l'atmosphère, c'est la vapeur d'eau présente dans l'air humide elle ne correspond qu'à 0,001 % de l'eau de la Terre [7]. A ces trois états sont associés six changements d'états, à chaque changement d'état correspond une transformation inverse. Ces changements sont dits réversibles et on peut les regrouper par paires comme suit : nom de la transformation et son inverse.

- **La Vaporisation** : C'est le passage de l'état liquide à l'état gazeux (transformation inverse : liquéfaction).
- **La Fusion** : Il s'agit du passage de l'état solide à l'état liquide (transformation inverse : solidification).
- **La Sublimation** : Qui veut dire le passage de l'état solide à l'état gazeux (transformation inverse : condensation) [8].(**Figure 2**)

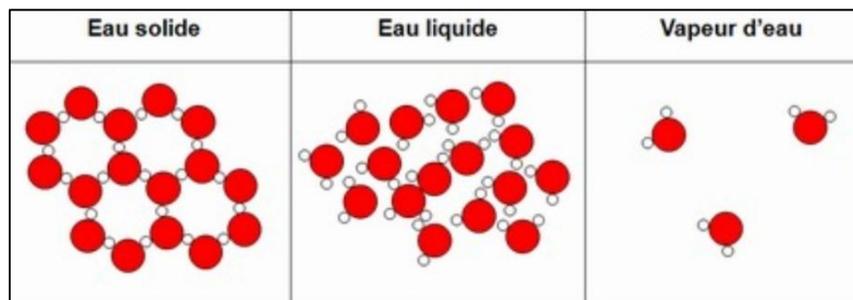


Figure 2: Les états physiques de l'eau

III. Cycle de l'eau

La connaissance de l'origine de l'eau, de son cycle, de sa dynamique dans la nature et sa répartition dans l'espace et dans le temps est une donnée fondamentale. L'eau fait partie d'un cycle naturel en perpétuel mouvement entre la terre et l'atmosphère [7]. Le cycle de l'eau est le résultat d'une évaporation lente et incessante des fleuves, des océans, rivières et des lacs, ainsi que l'évapotranspiration des végétaux et des mers [1]. L'air froid fait condenser la vapeur d'eau en altitude, c'est-à-dire la vapeur se transforme en petites gouttelettes, formant les nuages. Ensuite elle est transportée dans le ciel par vents. Dans le ciel, les nuages se condensent sous forme de vapeur d'eau autour des particules de poussières, puis tombent en précipitations sous forme de pluie ou de neige, sous l'action de phénomènes météorologiques complexes où interviennent surtout les vents et les différences de températures[7].

L'eau qui ruisselle pénètre dans le sol où elle s'infiltré et va remplir les nappes souterraines. Elle traverse des couches de plus en plus profondes du sol et va abandonner dans son Cheminement la quasi-totalité des impuretés dont elle s'était chargée [7]. Les eaux souterraines circulent elles aussi, une partie se jetant directement dans la mer et le reste venant alimenter les rivières à leur source ou par le biais d'un affluent [1]. Enfin, l'eau peut revenir directement à sa phase liquide dans l'atmosphère par la transpiration des végétaux qui éliminent

ainsi une partie de l'eau contenue dans le sol et conservent une partie de l'eau de pluie dans leur feuillage [7] (**Figure 03**).

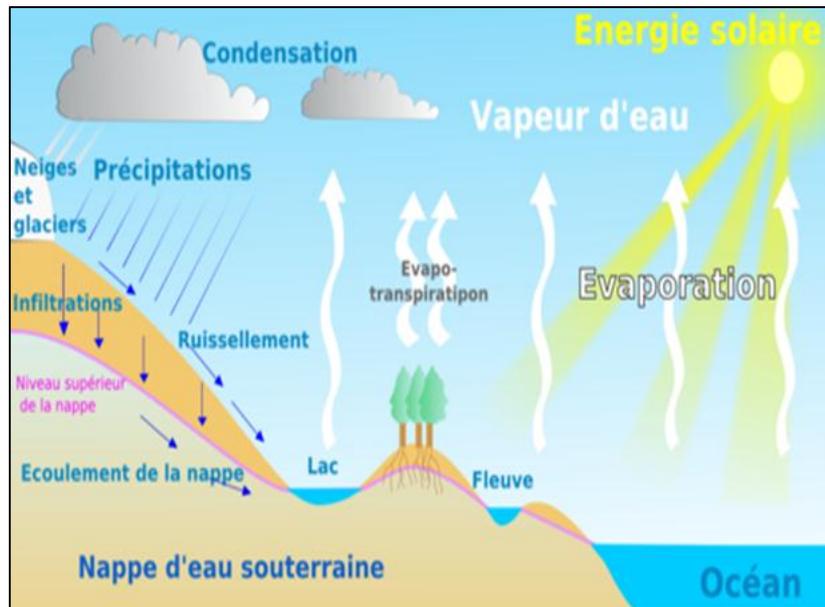


Figure 3: Les différentes phases du cycle de l'eau

IV. Les sources des eaux

L'homme à recours généralement, pour satisfaire ses propres besoins en eau et permettre son usage dans ses diverses activités industrielles et agricoles, à trois principales types de ressources naturelles : Les eaux souterraines, Les eaux de surface (rivières, fleuves et lacs), Les eaux de mer .L'eau existe dans la nature sous plusieurs formes et sa répartition sur le globe est inégale, cela est dû au climat et la structure du sol [9].

4.1.Les eaux souterraines

Les eaux potables d'origine souterraines proviennent des nappes phréatiques qui correspondent à 22% des réserves d'eaux douces, leurs origines sont représentées par l'accumulation des infiltrations dans le sol qui varient en fonction de sa porosité et de sa structure géologique. Les eaux souterraines sont à l'abri de sources de pollution, elles sont donc d'excellente qualité physico-chimique et microbiologique par rapport aux eaux de surface [1].

La composition des eaux souterraines est fonction de la composition des sols qui les contiennent. On peut cependant noter d'une façon générale, une faible turbidité, et une forte minéralisation, température constante, contamination bactérienne faible, elles restent jusqu'à présent les meilleures ressources en eau potable [6].

4.2. Les eaux de surface

Les eaux de surface sont constituées par les eaux des rivières, des fleuves, des étangs, des lacs, des barrages, des réservoirs, des glaciers. Il s'agit d'une masse d'eau bien individualisée, solide ou liquide, immobile ou en mouvement. Ces eaux s'avèrent souvent impropres à la consommation en raison de la pollution générée par nos activités urbaines, industrielles et agricoles. Les eaux de surface sont naturellement riches et chargées de matières en suspension ainsi que de matières colloïdales, plancton animal et végétal, et sur le plan bactériologique, ces eaux de surfaces sont contaminées plus ou moins par des bactéries (dont certaines pathogènes) et des virus. De ce fait, les eaux de surfaces nécessitent des installations de traitement de purification qui dans certains cas peuvent être particulièrement sophistiqués [2].

4.3. Les eaux saline

Une eau saline est constituée d'eaux naturelles qui contiennent une quantité notable de sels, L'eau saline comprend les eaux dures, l'eau salée, l'eau alcaline... et l'eau continentale qui contient une forte concentration en sels [10]. Il existe deux types d'eau le premier est l'eau de mer qui est une solution complexe qui contient tous les éléments indispensables à la vie (calcium, silicium, carbone, azote, phosphore, oligo-éléments), des matières organiques (teneur comprise entre 0.5 et 2 mg), elle est faiblement alcaline son pH étant compris entre 7.5 et 8.4 sa salinité moyenne est de 35 g/L [11]. Le deuxième type est l'eau saumâtre c'est une eau salée non potable de salinité inférieure à celle de l'eau de mer. La plupart des eaux saumâtres contiennent entre 1 et 10 g de sels par litre. Ce sont parfois des eaux de surfaces mais le plus souvent des eaux souterraines qui se sont chargées en sels. Les principaux sels dissous sont le CaCO_3 , le CaSO_4 , le MgCO_3 et le NaCl [12].

▪ Principales différences entre eaux superficielles et eaux profondes

Tableau 1: Principales différences entre les eaux de surfaces et les eaux souterraines

| Caractéristiques | Eau de surface | Eau souterraine |
|------------------|--|---------------------------------------|
| Température | Varie en fonction des saisons | Relativement constante |
| Turbidité | Niveau variable parfois élevé | Faible ou nulle |
| Couleur | Principalement dû aux sols en suspension (argile, algue) | Principalement dû aux solides dissous |

| | | |
|---|--|---|
| Contenu minéral | Varie avec le sol, les effluents, les pluies, ... | Généralement plus important que pour l'eau de surface pour un même endroit |
| Fer et Mn en solution | Généralement pas sauf pour le fond des lacs et dans le processus d'eutrophisation | Présent |
| CO₂ agressif | Pas présent Souvent | Présent en grande quantité |
| O₂ dissout | Souvent proche du niveau de saturation, Absent dans les eaux très polluées | Généralement peu présent |
| H₂S | Pas présent | Souvent présent |
| NH₄⁺ | Seulement dans des eaux polluées | Souvent présent sans forcément une pollution bactériologique |
| Micropolluants d'origine organique et minérale | Présent dans l'eau des pays développés mais il est susceptible de disparaître rapidement une fois la source éliminée | Normalement pas, mais une pollution accidentelle à des effets à très long terme |
| Nitrates | Niveau généralement faible | Niveau parfois important |
| Silice | Généralement en proportion modérée | Niveau souvent important |
| Organismes vivants | Bactéries, virus, planctons (animal ou végétal) | Des bactéries du fer sont fréquemment trouvées |

V. Pollution de l'eau

La pollution ou la contamination de l'eau peut être définie comme la dégradation de celle-ci en modifiant et perturbant ses propriétés physiques, chimiques et biologiques par des déversements, rejets, dépôts directs ou indirects de corps étrangers ou de matières indésirables telles que les microorganismes, les produits toxiques, les déchets industriels induit d'importantes nuisances, mauvaises odeur, fermentation, risques sanitaires... [13].

Il existe des pollutions physiques il s'agit d'une pollution qui se traduit par la présence des particules de taille et de matière très variés dans l'eau, qui lui confèrent un caractère trouble.

On distingue aussi les matières décantées (plus lourdes que l'eau), les matières flottables (plus légères que l'eau) et les matières non séparables (de même densité que l'eau) [14].

La pollution physique désigne l'autre type de pollution, telle que la pollution thermique due aux températures élevées, qui cause une diminution de la teneur en oxygène dissous ainsi qu'une réduction de la solubilité des gaz et la pollution radioactive [13].

D'autre type est la pollution chimique qui résulte de la libération de certaines substances minérales toxiques dans les cours d'eaux, par exemple : les nitrates, les phosphates, l'ammoniac et autre sel, ainsi que des ions métalliques, ces substances exercent un effet toxique sur les matières organiques et les rendent plus dangereuses [9]. Les polluants chimiques sont classés à l'heure actuelle en cinq catégories : Les substances chimiques dites indésirables, les pesticides, les produits apparentés, les détergents et les colorants et autre éléments toxiques [14].

Il existe aussi de pollution biologique qui se caractérise par 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. L'importance de la pollution de l'eau dépend également des conditions d'hygiène, des populations, mais aussi des caractéristiques écologiques et épidémiologiques. Les principaux organismes pathogènes qui se multiplient ou qui sont transportés dans l'eau sont les bactéries, les virus, les parasites et les champignons, on parle ainsi de la pollution bactérienne, viral ou parasitaire (**Figure 4**)[15].

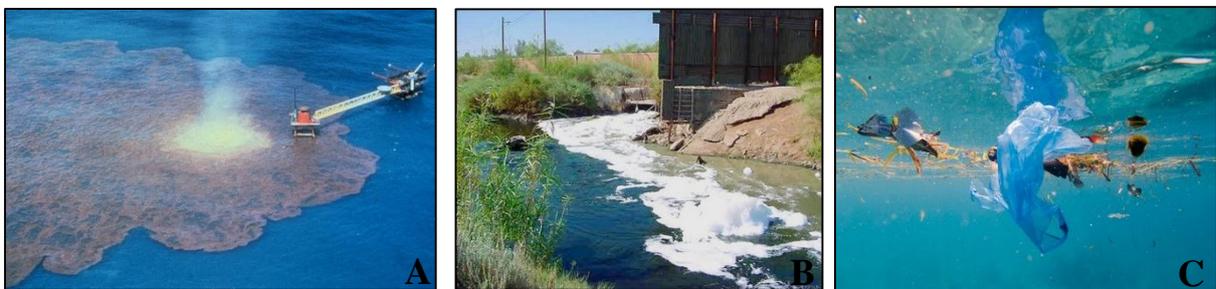


Figure 4: Les pollutions de l'eau (A : pollution chimique ; B : pollution biologique ; C : La pollution physique)

VI. Risques liés à la pollution des eaux

L'eau joue un rôle important pour la vie, la santé, l'accès à l'hygiène et au confort mais elle peut véhiculer en particulier de nombreux micro-organismes, bactéries, virus et protistes de tout genre, qui y vivent et s'y développent. Aujourd'hui, dans les pays en voie de développements, où l'hygiène individuelle et collective est moins respectée, On y trouve deux groupes de pathologies d'origine hydrique, à ne pas confondre en raison des différentes mesures thérapeutiques et préventives qui s'y attachent :

- Les maladies acquises au contact de l'eau polluée ou transmises par des vecteurs.

- Maladies liées à la consommation d'une eau contaminée par des germes pathogènes[16].

On appelle maladies hydriques ou MTH (Maladie Transmissible Hydrique) toutes les maladies causées par la consommation d'eau contaminée par des selles animales ou humaines, qui contiennent des microorganismes pathogènes. Parmi ces maladies : La brucellose, la tuberculose, la fièvre typhoïde, le choléra, pour ne citer que ces quelques maladies qui tuent des milliers de personnes chaque année à travers le monde [16].

Tableau 2: Les principales maladies d'origine hydrique et leurs agents pathogènes

| Maladies | Agents |
|--|---|
| <p>1-Origine bactérienne</p> <p>-Fièvre typhoïde et paratyphoïde</p> <p>-Dysenterie bacillaire</p> <p>-Cholera</p> <p>-Gastro-entérites aiguës et diarrhées</p> <p>- Pneumonies</p> | <p>-<i>Salmonella typhi</i></p> <p>-<i>Salmonella paratyphi A et B</i></p> <p>-<i>Shigella</i></p> <p>-<i>Vibrio cholera</i></p> <p>-<i>E.coli, entérotoxigène,</i></p> <p>-<i>Campylobacter jejuni,</i></p> <p>-<i>Yersinia enterocolitica</i></p> <p>-<i>Salmonella sp</i></p> <p>-<i>Shigella sp</i></p> <p>-<i>Legionella pneumophila</i></p> |
| <p>2-Origine virale</p> <p>-Hépatites A et E</p> <p>-Poliomyélite</p> <p>-Gastro entérite aiguës et diarrhées</p> | <p>-<i>Virus hépatite A et E</i></p> <p>-<i>Virus poliomyélique</i></p> <p>-<i>Virus de norwalk</i></p> <p>-<i>Rota virus</i></p> <p>-<i>Astrovirus</i></p> <p>-<i>Calicivirus</i></p> <p>-<i>Enterovirus</i></p> <p>-<i>Adenovirus</i></p> |
| <p>3-Origine parasitaire</p> <p>- Amibiase</p> <p>- Gastro-entérites</p> | <p>-<i>Entamoeba histolytica,</i></p> <p>-<i>Giardia lamblia</i></p> <p>-<i>Cryptosporidium</i></p> |

6.1. Maladies d'origine bactérienne

6.1.1. Choléra

Le choléra est une maladie contagieuse d'origine bactérienne, diarrhéique aiguë causée par des sérogroupes toxigènes de la bactérie *Vibrio cholerae*, qui provoque des infections intestinales aiguës, elle provoque la mort en quelques heures, dont les symptômes sont diarrhées

fréquentes, vomissements incontrôlables, soif intense et une déshydratation rapide. Cette maladie peut entraîner la mort dans 80% des cas graves non traités. Il est étroitement associé à la pauvreté, un mauvais assainissement et l'absence d'eau potable saine. Ainsi, le fardeau du choléra est concentré en Afrique et en Asie du Sud. Le choléra peut être endémique et provoquer des épidémies ; il se propage par la contamination fécale-orale directe ou l'ingestion d'eau ou d'aliments contaminés [17]. En Algérie, Le choléra, introduit en 1971 et constater 1332 cas et 110 décès, le pic choléra peut être considéré comme une catastrophe épidémiologique national en 1986 (8000 cas clinique de choléra et 450 décès), le nombre de cas de cette maladie est à diminué sensiblement depuis le début des années 1990 [18]. En 2018 le choléra revient est constaté dans les wilayas de Bouira (Haouch Mrabhia, Raouraoua), Blida (Quartier Khazrouna), Tipaza (Hamr El Ain) 217 cas suspects provoque la mort de deux cas [19].

6.1.2. Fièvres Typhoïde

La typhoïde est une infection causée par la bactérie *Salmonella typhi*, la bactérie vit dans les intestins et le sang des humains il se propage entre les individus par contact direct avec les matières fécales d'une personne infectée. Aucun animal n'est porteur de cette maladie [20], les patients se contaminent généralement par l'ingestion d'eau ou d'aliments contaminés par des selles de personnes infectées ou, via une transmission directe de personne à personne. La maladie aiguë est caractérisée par une fièvre prolongée, des maux de tête, de la fatigue, et des signes digestifs (nausées, constipation ou diarrhée). Il existe des formes plus graves des complications intestinales, cardiaques ou neurologiques qui peuvent être mortelles sans traitement. Selon l'OMS Il y a de 11 à 21 millions de cas estimés de fièvre typhoïde et environ de 128 000 à 161 000 décès annuellement (Fièvre typhoïde et autres salmonelloses invasives en 2018) [19].

6.2. Maladies d'origine virale

6.2.1. Hépatite A

L'hépatite A est l'hépatite virale la plus répandue dans le monde c'est une maladie du foie qui est due à l'infection par un virus à ARN de la famille des *picornavirus* genre *Héparnavirus*. Le virus de l'hépatite A (VHA) se transmet majoritairement par l'ingestion d'eau ou d'aliments souillés par des matières fécales qui contiennent du virus ou par les mains sales « maladies de mains sales ». Certaines causes favorisent la transmission de la maladie : un manque d'eau potable, une nourriture impropre à la consommation, une mauvaise hygiène personnelle, les conditions sanitaires défavorables (assainissement des eaux, etc.) [6]. En Algérie le taux

d'incidence de l'hépatite virale « A » est stable pendant la période (2000, 2011). En note de 4 cas pour 100.000 habitant en 2000 à 5 cas pour 100.000 habitant en 2010.

6.2.2. Poliomyélite

La poliomyélite (paralysie infantile) est une maladie contagieuse due au poliovirus. La polio se diffuse par contact d'homme à homme, entrant généralement dans le corps par la bouche à cause de la contamination par des fèces de l'eau ou de la nourriture [18]. Le début de la maladie se présente sous forme d'un syndrome infectieux aigu, avec hyperthermie à 40 C°, rachialgies, accompagné souvent de signes digestives et d'un syndrome méningé plus ou moins accentué. La maladie est généralement mortelle si les cellules nerveuses du cerveau sont attaquées (*poliomyélite bulbaire*), entraînant une paralysie des muscles essentiels, Les cas de polio ont diminué de plus de 99% depuis 1988. La réduction est le résultat d'un effort considérable pour éradiquer cette maladie [18].

6.3. Maladies d'origine parasitaire

6.3.1. Amibiase

Selon l'OMS, l'amibiase ou amébose, est une maladie infectieuse due à un protozoaire microscopique, parasite hématophage spécifique de l'homme, dénommé *Entamoeba histolytica* [21]. La fréquence de cette maladie est liée à son mode de transmission féco-orale dans toutes les régions où il existe des risques de contamination de l'eau et des aliments par les déjections humaines mais également par contact direct avec les mains ou les objets souillés. L'amibiase peut se transmettre aussi par les relations sexuelles oro-anales mais cette voie est moins importante. Parmi les symptômes qui apparaissent cette maladie sont : Crampes et diarrhée, vomissements, des abcès du foie, déshydratation, des violentes douleurs abdominales[1].

6.3.2. Giardiose

La lambliaose ou *Giardia intestinalis* est le protozoaire cosmopolite flagellé digestif, le plus commun au cours des infections intestinales humaines. Cet organisme unicellulaire qui infecte l'intestin grêle de l'homme et de nombreux mammifères est extrêmement répandu dans le monde et responsable d'une importante morbidité [1]. Le parasite existe sous deux formes : le kyste et le trophozoïte quand le parasite est ingéré, il se reproduit et entraîne la maladie ; il peut survivre plusieurs mois dans l'environnement. La Giardiose peut se manifester par des troubles digestifs, comme elle peut aussi, dans 50% des cas passer inaperçue. On parle alors de porteurs sains du parasite, la personne n'a pas de symptôme, mais émet des kystes dans ses selles susceptibles de contaminer quelqu'un d'autre. Les troubles digestifs se manifestent par:

diarrhée modérée, nausées et vomissement, ballonnements postprandiaux, douleurs abdominales épigastriques[2].

6.4. Maladies liées aux éléments chimiques

Ce sont des maladies d'origine chimique dues à un dépassement de la quantité ou de la valeur admise pour certains éléments. L'eau contient de nombreux oligo-éléments qui sont bénéfiques à faible concentration comme le fer ou le fluor, mais toxiques à plus forte dose pour l'homme par contre certains éléments tels que l'arsenic, le cyanure ou le plomb sont dangereux même à faible dose [22]. Le tableau ci-dessous présente les principales maladies causées par les éléments chimiques.

Tableau 3 : Exemples des maladies liées à quelques éléments chimiques

| Eléments chimiques | Maladies |
|---------------------------|--|
| Arsenic | Arsenicisme |
| Fluor | Fluorose |
| Nitrate | Méthémoglobinémie |
| Plomb | Saturnisme |
| Toxines de cyanobactéries | Impacts sur le foie, le cerveau suivant le type de toxine produite |

VII. Traitement d'eau potable

Qu'elles soient d'origine souterraine ou superficielle, les eaux utilisées pour l'alimentation humaine sont rarement consommables telles quelles. Il est souvent nécessaire de leur appliquer un traitement plus ou moins approprié. L'objectif fondamental du traitement de l'eau est de protéger les consommateurs des micro-organismes pathogènes et des impuretés désagréables ou dangereuses pour la santé et limiter l'impact des diverses pollutions liées à l'activité humaine. Les méthodes utilisées et les filières de traitement définies dépendent de l'origine des eaux à traiter et de l'objectif du traitement lié à la qualité du milieu récepteur[11].

Les principales techniques mises en œuvre en traitement des eaux sont de nature physique, chimique, physico-chimique ou biologique. Le premier objectif de toute filière de traitement relève du domaine de la clarification afin d'éliminer les matières en suspension présentes dans les eaux (séparation solide-liquide). On distingue notamment les actions physiques suivantes : dégrillage, tamisage, coagulation, floculation, décantation et

filtration[11].ainsi les méthodes chimiques qui reposent sur l'interaction chimique entre les polluants à traiter et les réactifs qui aident à la séparation des polluants de l'eau, à la destruction ou à la neutralisation des effets nocifs associés à ces polluants. Dans les méthodes biologiques, des procédés aérobies et anaérobies sont mis en œuvre dans ceux-ci, des micro-organismes jouent un rôle majeur permettant de dégrader les composés organiques présents dans l'effluent[23].

Ces différentes technologies sont généralement combinées en fonction de la qualité de l'eau à traiter et des objectifs du traitement. Il existe de nombreuses techniques dans le domaine du traitement des eaux pour supprimer des matières solides, de l'huile, des graisses, des composés organiques biodégradables ou non-biodégradables, des molécules toxiques, etc. Ces techniques, appliquées seules ou en cascade, permettent d'améliorer le niveau de traitement[23].

VIII. Les Normes de potabilité

Qu'est-ce qu'une eau potable ? Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 1972) l'eau destinée à la consommation ne doit contenir ni substances chimiques, ni germes nocifs pour la santé, En outre, elle doit être aussi agréable à boire que les circonstances le permettent. Cette définition doit être traduite en termes permettant de déterminer si une eau est potable ou non .c'est là l'objet des normes de potabilité, approche quantitative de la notion qualitative de potabilité. Ces normes s'appliqueront à un certain nombre de grandeurs jugées pertinentes en la matière [24]. (ANNEXE I)

La deuxième partie : Caractéristiques de l'eau potable

I. Caractéristiques des eaux

La qualité d'une eau potable est basée à la fois sur des paramètres organoleptiques, physico-chimiques et bactériologiques. Les mesures ou l'estimation de ces paramètres sont indispensables pour la prédiction de la qualité de l'eau de consommation[7].

1.1. Paramètres organoleptique

Les facteurs organoleptiques constituent souvent les facteurs d'alerte pour une pollution sans présenter à coup sûr un risque pour la santé [25].Ces paramètres concernent les qualités sensibles de l'eau : la couleur, la saveur, l'odeur, la transparence. Ils n'ont pas de valeur sanitaire directe, une eau de consommation doit être inodore et incolore [19].

1.1.1. Couleur

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité. Le degré de couleur maximale acceptable est de 15 UC (Unité de couleur) pour l'eau potable[26].

1.1.2. Odeur et saveur

Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore. En effet, toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition, toute eau possède une certaine saveur qui lui est propre et qui est due aux sels et aux gaz dissous. Si elle renferme une trop grande quantité de chlore, l'eau aura une saveur saumâtre, si elle contient une forte quantité de sels de magnésium, l'eau aura un goût aimé [25].

1.1.3. Turbidité

La turbidité de l'eau est liée à sa transparence La turbidité désigne la teneur d'un fluide en matières qui le troublent. Dans les cours d'eau elle est généralement causée par des matières en suspension et des particules colloïdales qui absorbent, diffusent ou réfléchissent la lumière. La turbidité est exprimée généralement en Néphélométrie Turbidity Unite (NTU).pour la sécurité de l'eau, il faut maintenir une turbidité inférieure à 5 NTU [6].

1.2. Paramètres physico-chimiques

La qualité physico-chimique de l'eau informe sur la localisation et l'évaluation d'un niveau de pollution, en fonction d'un ensemble de paramètre basée sur des valeurs de références, elle s'apprécie à l'aide de plusieurs paramètres [27]. Parmi ces paramètres on distingue les suivants :

1.2.1. Température

C'est un facteur important pour l'activité biologique, il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. Elle agit sur la densité, la viscosité, la solubilité des gaz dans l'eau, la dissociation des sels dissous de même que sur les réactions chimiques et biochimiques, le développement et la croissance des organismes vivants dans l'eau et particulièrement les microorganismes[8].

1.2.2. Conductivité électrique

Mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes, elle permet d'apprécier la qualité des sels dissous dans l'eau et nous renseigne également sur les degrés de

minéralisation de l'eau. Elle est exprimée en micro Siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$) avec le conductimètres qui donne sa valeur à la température de l'eau[28].

1.2.3. Potentiel hydrogène (pH)

C'est le paramètre le plus important de la qualité de l'eau, il doit être surveillé au cours de toute opération de traitement, il permet de connaître l'acidité, la basicité ou la neutralité de l'eau. Le pH d'une eau naturelle peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés ; des pH faibles (eaux acides) augmentent notamment le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique et les pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac toxique. Les législations algériennes et européennes précisent pour l'eau destinée à la consommation humaine un pH moyennement neutre comme niveau guide $6,5 < \text{pH} < 9$ [19].

1.2.4. Oxygène dissous

L'oxygène dissous mesure la concentration du dioxygène dissous dans l'eau sa solubilité est liée à plusieurs facteurs particulier : la température, la pression atmosphérique et la salinité et aussi en fonction de l'origine de l'eau ; les eaux superficielles peuvent en contenir des quantités relativement importantes proches de la saturation. Les eaux profondes contiennent le plus souvent que quelques milligrammes par litre. Il est exprimé en mg/l [29].

1.3. Paramètres volumétriques

1.3.1. Titre hydrométrique (TH) (Dureté)

La dureté totale d'une eau est définie comme la quantité d'ions calcium Ca^{2+} (dureté calcique) et magnésium Mg^{2+} (dureté magnésienne) présents dans cette eau. Elle se détermine par titrage par l'EDTA à $\text{pH} = 10$ et s'exprime en concentration équivalente de carbonate de calcium. Le degré de dureté de l'eau potable peut être classé comme suit, en fonction de la concentration de carbonate de calcium (CaCO_3) :

- $0 < \text{TH} < 60$: Eau douce
- $60 < \text{TH} < 120$: Eau modérément dure
- $120 < \text{TH} < 180$: Eau dure
- 180 et plus : Eau très dure [27]

1.3.2. Le Titre Alcalimétrique et Titre Alcalimétrique Complet (TA et TAC)

A l'inverse de l'acidité, l'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bases et de sels d'acides faibles. Dans une eau naturelle, les ions responsables de l'alcalinité sont : l'ion

hydroxyde (OH^-), l'ion carbonate (CO_3^{2-}) et l'ion hydrogénocarbonate (HCO_3^-) définissent en chimie des eaux deux titres alcalimétriques :

- TA (Titre alcalimétrique simple) = (OH^-) + $\frac{1}{2}$ (CO_3^{2-}) pour un pH <8,3.
- TAC (Titre alcalimétrique complet) = (OH^-) + (CO_3^{2-}) pour un pH= 4,4[30].

1.3.3. Calcium (Ca^{2+})

Le calcium est le cinquième élément le plus abondant dans la nature, la concentration du calcium dans l'eau dépend du temps de séjour de l'eau dans des formations géologiques riches en calcium [31]. Le calcium est l'un des principaux cations qui soient associés à la dureté de l'eau potable, il peut avoir des effets néfastes sur la qualité de l'eau potable, ces effets sont surtout d'ordre organoleptique ou esthétique [32].

1.3.4. Matière Organique

➤ Demande biochimique en oxygène (DBO5)

C'est la quantité d'oxygène consommée par les microorganismes pour la dégradation de la matière organique dans les conditions d'incubation à 20°C à l'obscurité en 5 jours, exprimée en mg/l [28].

➤ Demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène (DCO) est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation chimique de toute la matière organique biodégradable ou non contenue dans les eaux à l'aide de bichromate de potassium à 150°C. Elle est exprimée en mg/l[28].

1.3.5. Chlorures (Cl^-)

Les teneurs en chlorures des eaux sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés. Ainsi, les eaux courantes non polluées ont souvent une teneur en chlorures. Dans l'eau, le chlorure n'a ni odeur, ni couleur, mais peut procurer un goût salé assez amer. Un important indicateur d'arrivée de pollution. Dans la nature ils sont souvent indicateurs d'arrivée d'effluents urbains [33].

1.3.6. Résidus Sec

Les Résidus secs obtenus par évaporation, nous permet d'estimer la teneur en matières dissoutes et en suspensions d'une eau [34].

1.4. Paramètre de spectrophotométrie

1.4.1. Sulfates (SO_4^{2-})

Les sulfates sont des composés naturels des eaux. Ils sont liés aux cations majeurs tels que le calcium, le potassium et le sodium, comme l'eau souterraine se déplace à travers les sols, certains sulfates sont dissous dans l'eau. Des concentrations importantes peuvent avoir un effet laxatif (combattre la constipation) important combiné avec le calcium et le magnésium, les deux composés majeurs de la dureté de l'eau. Le sulfate donne un goût amer, un goût médical à l'eau si il dépasse la concentration de 250 mg/L[35].

1.4.2. Fer (Fe)

C'est une impureté minérale sans effet appréciable sur la santé. Ce métaux peut provoquer une coloration et sont à l'origine de dépôts dans les réseaux. Des corrosions peuvent en résulter. Par ailleurs il affecte les paramètres organoleptiques comme d'autres métaux. Dans les eaux de surface, le fer se trouve en général à l'état oxydé et précipité ; il est donc éliminé par les traitements classiques de clarification [36].

1.4.3. Nitrate (NO₃⁻)

Les nitrates sont des ions présents de façon naturelle dans l'environnement .Ils sont le résultat d'une nitrification de l'ion ammonium (NH₄⁺). Ils sont extrêmement solubles ; ils pénètrent le sol et les eaux où se déversent dans les cours d'eau par ruissellement. Ils constituent une des causes majeures de la dégradation des eaux à long terme. Dans les eaux, la quantité des nitrates maximale admissible est fixée de 50 mg/L. Chez les nourrissons, la réduction du nitrate en nitrite peut provoquer une méthémoglobinémie (inaptitude du sang à transporter l'oxygène) [37].

1.4.4. Aluminium (Al⁺)

Troisième élément de la croûte terrestre, l'aluminium entre dans la composition de tous les sols, plantes, tissus animaux ..., donc dans les ressources en eau. La contamination par les poussières atmosphérique et les précipitations constituent les principales voies d'accès de l'aluminium au milieu aquatique, sa présence dans l'eau de robinet peut également être liée à l'utilisation de sels d'aluminium lors d'une étape du traitement des eaux[36].

1.5. Paramètres de pollution

1.5.1. Nitrites (NO₂⁻)

Le nitrite constituent une étape importante dans la métabolisation des composés azotés, ils s'insèrent dans le cycle de l'azote entre l'ammoniaque et les nitrites sa présence est due soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque soit à la réduction des nitrates, ils ne représentent que un stade intermédiaire et sont facilement oxydés en nitrate, la présence des nitrites d'origine

naturelle est très rare on a signalé l'existence dans l'eau de fonte des neiges et dans des nappes aquifères profondes [36].

1.5.2. Phosphates (PO_4^-)

Le phosphore existe sous forme minérale ou organique. Les formes chimiques sous lesquelles se rencontre le phosphore dépendent de l'acidité du milieu. Dans les eaux naturelles de pH compris entre 5 et 8, seules les formes H_2PO_4^- et HPO_4^{2-} existent en quantités appréciables dans les eaux de surfaces. La présence de phosphate dans les eaux souterraines est généralement un indice de pollution [35].

1.5.3. L'ammonium (NH_4^+)

L'ammonium n'a pas d'effet appréciable sur la santé du consommateur mais sa présence dans les eaux est un indicateur de pollution dans les eaux profondes, sa présence peut également être due aux conditions réductrices régnant dans une nappe, il doit être éliminé dans les eaux de consommation car c'est un élément qui peut permettre à certaines bactéries de proliférer dans les réseaux de distribution [38].

1.6. Caractères microbiologiques

L'eau destinée à l'alimentation humaine contient une multitude de microorganismes pathogènes, agents d'infection humaines redoutables. Ce sont des bactéries, des virus, voire des champignons et des algues [39]. Dans le domaine de la qualité des eaux de boisson, les analyses bactériologiques concernent non pas des microorganismes pathogènes mais des germes jouant un rôle d'indicateur [35]. Ces germes sont spécifiques de la flore intestinale et ne sont pas nécessairement pathogène. En plus de leur rôle d'appréciation du risque d'une contamination par des matières fécales pouvant véhiculer des organismes pathogènes, permettant également d'évaluer un traitement de désinfection de l'eau. L'organisation mondiale de la santé divise les indicateurs microbiens en trois groupes :

- ✓ Les indicateurs liés à l'efficacité des traitements : bactéries hétérotrophes totales, les coliformes totaux.
- ✓ Les indicateurs d'une contamination fécale : les coliformes fécaux, *E. coli*
- ✓ Les indicateurs modèles de pathogènes : *E. coli*, *Salmonella*, les virus entériques humains. [37]

On cite parmi ces bactéries :

1.6.1. Les coliformes totaux

Les coliformes appartiennent à la famille des Enterobacteriaceae. Le terme coliforme correspond à des microorganismes en bâtonnets, Gram négatif, aéroanaérobies facultatif, non

sporulant, oxydase négatif, capable de fermenter le lactose avec production de gaz à 35-37C° ils sont sensibles au chlore. Ils se répartissent en deux catégories : les germes thermophiles et les germes psychrophiles (aquatique ou terrigène) [26]. Leur intérêt plus moindres pour déceler une contamination d'origine fécale. Les coliformes comprennent les genres : *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Yersinia*, *Serratia*.

1.6.2. Les coliformes fécaux (Thermotolérants)

Les coliformes thermotolérants forment un sous-groupe de bactéries de coliformes qui fermentent le lactose à une température comprise entre 44 et 45C° pendant 24 h. Ce groupe comporte plusieurs souches différentes (*Citrobacter freundii*, *Enterobacter aerogenes*, *klebsiella*...), La souche type est *Escherichia coli*, Cette souche est l'espèce la plus fréquemment associée aux coliformes fécaux est *E. coli* représente toutefois 80 à 90% des coliformes thermo-tolérants détectés. Selon l'OMS (2004), n'énonce que la présence d'*E.coli*, apporte la preuve incontestable d'une pollution fécale récente [35].

1.6.3. Streptocoques fécaux

Les Streptocoques fécaux sont des bactéries sphériques groupées en paires ou en chaînes cocci à Gram positif, Ils sont anaérobies aérotolérants, immobiles, non sporules, catalase négatif. En général, elles sont des bactéries des matières fécales, elles sont divisé en deux sous-groupes : *Enterococcus* et *Streptococcus*. Les Streptocoques possédant une substance antigénique caractéristique du groupe D de Lancefield [26].

1.6.4. *Clostridium* sulfito-réducteur

Le *Clostridium* sulfito-réducteur appartient à la famille Clostridiaceae [40]. Il s'agit de bacilles Gram positif, anaérobies stricte, isolés ou en chaînettes, presque toujours mobiles, sporulés non capsulés (à l'exception de *Clostridium perfringens*), catalase négatif .Ils sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale ancienne ou intermittente. Leur permanence marque la défaillance en un point donné du processus de filtration naturelle. Elles sont très persistantes et elles peuvent également vivre et se multiplier dans les milieux naturels et sont souvent recherchées pour vérifier l'autoépuration des sols vis-à-vis de l'eau.

1.6.5. Germes totaux à 22 C° et 37 C°

Le dénombrement des germes totaux est considéré comme un type d'indicateur beaucoup plus général vis à vis de toute pollution microbienne : c'est le dénombrement total des bactéries[26].il s'effectue dans La gélose glucosée à l'extrait de levure ou (TGEA). La charge mésophile totale n'est pas un paramètre d'appréciation de la qualité bactériologique mais quand même peut nous renseigner sur le degré de potabilité des eaux et tous produits alimentaires.

Ainsi, ils renseignent sur le degré de protection des nappes souterraines d'où provient l'eau à analyser [26].

Chapitre II :

Partie

expérimentale

Chapitre II : Partie expérimentale.

I. Présentation de la région d'étude

1.1.Situation géographique

La wilaya de Bouira se situe dans la région centre nord du pays, à environ 120 km au Sud-Est d'Alger. Elle s'étend sur une superficie de 4456,26 km² représentant ainsi de la superficie 0,19% du territoire national. La wilaya est bordée par les chaînes montagneuses du Djurdjura et des Bibans au Sud-Est. Elle est délimitée au Nord par les deux wilayas de Boumerdès et Tizi-Ouzou, au Sud-ouest par les montagnes de Dirah et la région de M'sila et à l'Ouest par les régions de Médéa et de Blida [41].

1.2.Reliefs et climat

La wilaya de Bouira est caractérisée par des sols de nature calcaire dans les zones montagneuses, et de nature argileuse dans les plaines. La région de Bouira se caractérise par un climat chaud et sec en été, froid et pluvieux en hiver. La pluviométrie moyenne est de 660 mm/an au nord et de 400 mm/an dans la partie sud. Les températures varient entre 20 et 40 °C de mai à septembre et de 2 à 12 °C de janvier à mars [42].

1.3.Hydrologie de la région d'étude

La région de Bouira renferme d'importantes réserves en eau. Les ressources hydriques prouvées s'élèvent à 235,4 millions m³ soit 35,5 millions m³ en eaux souterraines et 199,9 millions m³ en eaux superficielles, ces eaux sont mobilisées par les ouvrages suivants :

- ❖ Barrage Telisdit Bechloul (167 millions de m³).
- ❖ Barrage Oued Lakhel (30 millions m³).
- ❖ Barrage Kodiat Aserdoune (640 millions de m³) [43].

II. Présentation de l'unité d'ADE Bouira

2.1.Définition de l'ADE

« L'Algérienne des eaux », par abréviation « **ADE** » est un établissement public national à caractère industriel et commercial doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière.

L'unité de Bouira a été créée en 2003, Elle est équipée d'un laboratoire d'analyse qui contrôle la qualité de l'eau distribuée aux abonnés ainsi que les eaux des forages et les eaux stockées les réservoirs et surtout les robinets. La collecte des échantillons se fait tous les matins pour l'ensemble des centres de l'ADE de Bouira, La périodicité de cette collecte est de une à deux fois par semaine et par centre, une fois par semaine est réservée pour le contrôle de la désinfection au niveau des stations de pompage et des réservoirs.

Chapitre II : partie expérimentale.

Une fois les échantillons prélevés, ils seront acheminés vers le laboratoire pour l'analyse physico-chimique et bactériologique. Le laboratoire (**Figure 5**) comprend :

- ✚ Deux salles d'analyses : une salle des analyses physico-chimiques et autre salle des analyses bactériologiques.
- ✚ Un bureau du chef de laboratoire et une salle de chef de service de contrôle de qualité.
- ✚ Deux bureaux des chefs de service bactériologique et physico-chimique.
- ✚ Salle des stockages (réactif, milieux de cultures), salle de préparation des solutions chimiques.
- ✚ Une salle de réunion et une salle de lavage.



Figure 5 : Laboratoire centrale de l'ADE de Bouira

2.2.Rôle de laboratoire

Une des missions principales de l'ADE de Bouira est la normalisation et la surveillance de la qualité de l'eau distribuée qui doit être une eau potable soit à l'état naturel ou après avoir été traitée, son aspect, son odeur et son goût, ainsi que ses caractéristiques microbiologiques, chimiques et physiques respectent les exigences légales. Elle doit satisfaire à un certain nombre de caractéristiques la rendant propre à la consommation humaine. L'établissement de l'ADE est chargé :

- D'assurer la disponibilité de l'eau aux citoyens et d'exploiter et d'installer des systèmes de gestion et de maintenance permettant la production, le traitement, le transfert, le stockage et la distribution de l'eau potable et industrielle.

- D'assurer la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre pour son propre compte et ou celui des collectivités locales.
- D'assurer la tâche de la police des eaux.

2.3. Organigramme de l'ADE

La figure 6 montre l'organigramme de l'Algérienne des eaux à partir de la Direction régionale d'Alger. L'unité de Bouira dépend de la zone de Tizi Ouzou, elle est structurée en six centres : Bouira, Lakhdaria, Bordj Okhris, Sour El Ghozlane, Ain Bessem et M'chadallah. Elle gère un ensemble de 30 communes sur 45 que compte la wilaya.

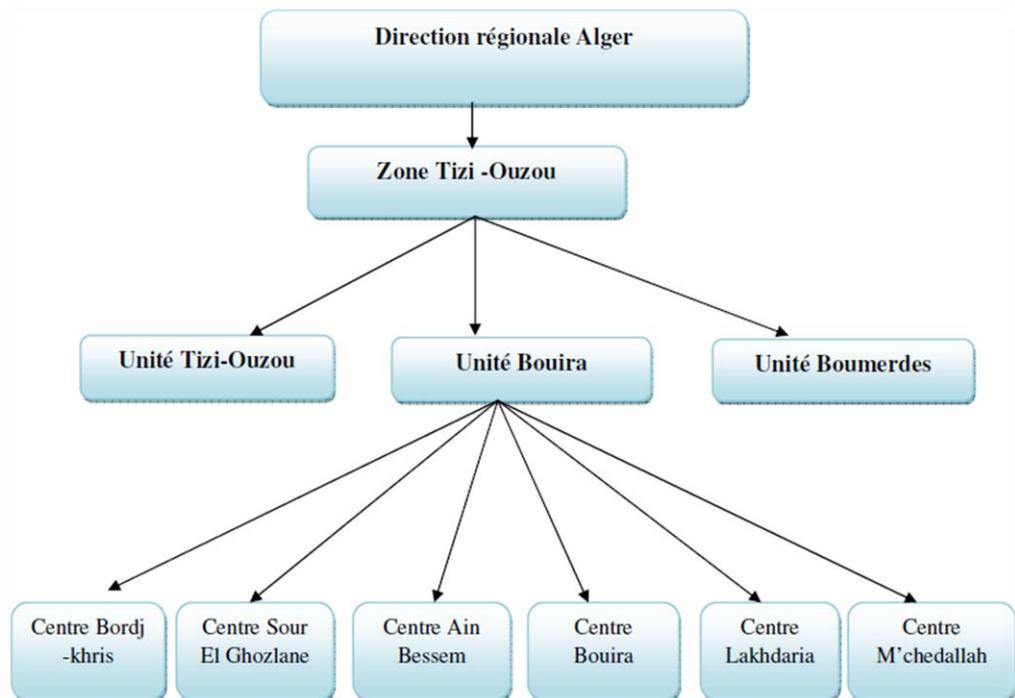


Figure 6 : Organigramme de l'ADE régionale d'Alger

III. Choix des régions échantillonnées

Notre stage a été réalisé au laboratoire de l'ADE Bouira, L'objectif de notre travail consiste à déterminer la qualité de l'eau potable qui est produite au niveau de cinq sources différentes à travers des analyses physico-chimiques et des analyses microbiologiques, et enfin déterminer leurs potabilités. Au niveau de chaque station, des prélèvements d'eau a été effectué pour : les analyses physico-chimiques et bactériologique, à l'aide de glacière et des flacons, un étiquetage précis et élaboré pour une reconnaissance des stations avant le remplissage des flacons (date, station, mois). Nous avons choisi ces régions parce qu'ils sont riche avec l'eau

de source et les gens qui sont habit à ces régions utilisé sauf ces sources donc elle est contaminés facilement. Les prélèvements sont faits durant les mois de Mai, Juin, Juillet.

Notre étude est faite sur deux sources souterraines et deux sources superficielles chacune porte une eau traitée et une eau brute, elle concerne aussi une autre source minérale pour voir leur portabilité, permettant de s'assurée et de confirmer la bonne qualité des quatre sources traiter en citant par la suite c'est cinq sources traitées :

❖ **Barrage LAKHAL**

Le barrage de Oued LAKHAL, situé à cinq kilomètres de la commune de Aïn Bessem, subit de plus en plus l'effet de l'envasement issu du transport de matériaux solides de l'érosion des sols. Mis en exploitation en 1984, il est le premier ouvrage hydraulique réalisé sur le territoire de la wilaya de Bouira. Sa capacité de rétention est d'environ 25 millions de M³. L'eau du barrage LAKHAL alimentait, jusqu'à ces derniers mois, les daïras de Aïn Bessem, Sour El Ghozlane et El Hachimia, en plus du périmètre irrigué des Aribis (Raouraoua, Bir Ghebalou).

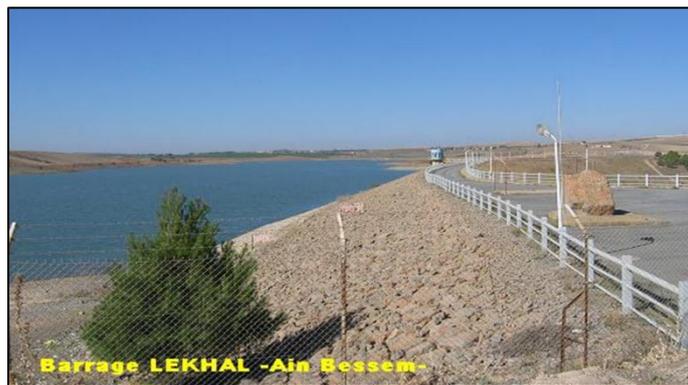


Figure 7 : Photos real de Barrage LAKHAL

❖ **Forage de SIDI ZIANE**

Le sous bassin de SIDI ZIANE se situe dans la région Centre Nord du Bouira. Elle s'étend sur une superficie de 4456,26 km² représentant 0,19% du territoire national Il s'étend jusqu'à la partie sud de la commune de Aïn El Turk, Il alimente les daïras de Aïn Turk, Aït Laaziz, Aïn El Hadjar , El Hachimia., Oued El Berdi, El Asnam. Le forage de SIDI ZIANE c'est une zone subhumide (climat situé entre le type aride et humide) avec une plage de précipitation de 500 à 600 mm, il est caractérisé par hétérogénéité de ses formations géologiques et des diverses terres agricoles comme les céréales.

❖ **Puit MERDJA**

Le puit MEREDJA se située dans la région de Lakhdaria, au nord de la wilaya de Bouira.il a été construit en 1980 c'est le résultat d'un terrassement vertical mécanisé (par forage, havage) ou manuel permettant l'exploitation d'une nappe d'eau souterraine autrement dit aquifère, il a

un débit de 25m³/h et caractérisé par une grand profondeur et une importante largeur. Il alimente Coupaouila (la gendarmerie) el le village Debouche et quelque daïra de Lakhdaria.

❖ **Source DJURDJURA**

La source se trouve dans le versant sud du Djurdjura, elle se situer dans la région de M'chedallah au nord de la wilaya de Bouira. C'est la synthèse de différentes formes de couches géologiques et sédimentaires qui recèlent le massif du Djurdjura. Ces eaux se chargent en sels minéraux indispensable à notre bien-être et puisée a une profondeur lui garantissant la pureté original. Elle est d'origine souterraine microbiologiquement saine et protéger contre les risque de pollution assurée par l'instauration des périmètres de protection qualitatives (immédiate, rapproché et éloigné).

❖ **Eau minéral TOGI**

La source de TOGI puise sa force des montagnes de Kabylie, Ces prodigieuse montagnes lui procurent tout la pureté la légèreté et la richesse en minéraux indispensable à la vie. Elle est captée au lieu dit TOGI (la région de Chorfa), d'où elle en tire son nom, son control de qualité strict et rigoureuse donne un produit vital et bienfaisant.

IV. Méthodologie de travail

4.1.Les paramètres physico-chimiques

Le prélèvement des échantillons d'eau sur terrain a été réalisé avec la collaboration des ingénieurs et des techniciens de l'ADE de Bouira. Habituellement le prélèvement d'eau ne se fait pas pour toutes les analyses un échantillonnage des eaux quotidien se fait pour les analyses chimiques dites réduites ou ACR (pH, température, conductivité, turbidité et TDS).d'autres analyses se font une fois par semaine ou par mois selon l'objectif de l'ADE .Il s'agit des analyses chimiques complètes ACC (Fer, manganèse, nitrate, nitrite, sulfate...). Notre étude est basée sur les analyses microbiologiques plus que les analyses chimiques, en citent quelque un seulement.

4.1.1. Matériels et appareils utilisés pour l'analyse physico-chimique

Tableau 4: Matériels et les appareils utilisés pour l'analyse physico-chimique

| La verrerie | Les appareils |
|---|----------------------|
| - Flacon, pissette | - Le conductimètre |
| - Pipette, Eprouvette graduées | - La turbidimètre |
| - Bécher, Burettes avec robinet | - Le pH-mètre |
| - Cuvette de verre incolore de 50mm de diamètre | - Spectrophotomètre |

4.1.2. Méthode de prélèvement de l'eau de robinet et transport au laboratoire

Le prélèvement de l'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté. Il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui s'en suit l'échantillon doit être homogène et représentatif et ne doit pas modifier les caractéristiques de l'eau.

- Il convient d'ouvrir le robinet à débit maximum pendant 5 à 10 secondes.
- Faire le test de chlore à l'aide du DPD1 ou DPD4.
- Les flacons seront de nouveau rincés trois fois avec de l'eau à analyser puis remplis jusqu'au bord.
- Le bouchon sera placé de telle façon qu'il n'y ait aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport.
- Ces flacons sont ensuite conservés et transportés dans une glacière réfrigérée à 4°C dans un emballage iso thermique permettant d'assurer une conservation parfaite puis acheminés et analysés le jour même au laboratoire d'analyse (**Figure 8**).

Pour éviter toute modification que peut subir l'eau dans le flacon, les analyses doivent s'effectuer avant 24 heures après le prélèvement.



Figure 8 : Glacière pour la conservation et le transport des échantillons d'eaux



Figure 6 : Les flacons d'eaux utilisées pour les analyses physico-chimiques

4.1.3. Les Analyses Chimiques Réduites (ACR)

A. Détermination du pH

❖ Principe

Le pH mesure l'activité chimique des ions hydrogènes (H^+) en solution. La mesure du pH est effectuée à l'aide d'un pH mètre.

❖ Réactif et matériels

Solution tampon (pH=4, pH=7 et de pH=10), eau distillée, eau à analyser, papier absorbant, pissette, bécher, appareil de mesure.

❖ Mode opératoire

- Allumer et calibrer le pH-mètre avec les solutions tampons, vérifier la calibration du pH-mètre avec le standard $\text{pH}=7 \pm 0.5\%$.
- Installer les électrodes aux entrées correspondantes sur l'appareil.
- Etalonner l'appareil avec la solution tampon et par la suite rincer l'électrode avec l'eau distillée, puis avec l'échantillon à analyser.
- Remplir le bécher avec 100 ml d'eau à analyser.
- Emerger l'électrode du pH mètre dans l'échantillon et appuyer sur la touche « pH », attendre le signal sonore, puis noter les valeurs du pH affichés.

❖ Expression des résultats

Le résultat sont obtenus directement à partir de lecture au pH mètre (**Figure 10**).



Figure 10 : Image représentative de pH mètre

B. La température (T°)

❖ Principe

La détermination de la température est relevée directement à l'aide d'un thermomètre digital incorporé au conductimètre. C'est un appareil qui possède deux électrodes, une placée à l'intérieure de l'appareil et l'autre est immergée dans la solution, la température sera affichée directement sur l'écran en C° .

❖ Mode opératoire

On plonge la sonde munie d'un thermomètre dans un bécher qui contient les échantillons à analyser .on laisse le conductimètre se stabiliser puis on effectue la lecture et on la rapporte sur le protocole d'analyse.

C. La conductivité électrique

❖ Principe

La conductivité est liée à la présence d'ions en solution. Elle augmentant avec la température et la concentration en sels dissous.

❖ Réactif et matériels

Solution tampon, eau distillée, eau à analyser, papier absorbant

❖ Mode opératoire

- Allumer le conductimètre et calibrer le conductimètre avec du chlorure de potassium (KCL) (solution standard $180.0 \pm 2\%$ $\mu\text{S}/\text{cm}$).
- Agiter l'échantillon doucement et verser 100 ml de l'eau à analyser dans un bécher propre.
- Rincer la sonde avec de l'eau ultra pure puis avec de l'eau à analyser.
- Immerger la sonde dans l'échantillon et essayer d'éliminer les bulles d'air au cours de la stabilisation de la mesure avec une simple agitation de la sonde.
- Enregistrer la valeur de la conductivité électrique et la température qui sont affichées sur l'appareil après la stabilisation de la lecture.
- Rincer la sonde et arrêter l'appareil.

❖ Expression des résultats

Le résultat est donné directement sur l'appareil en $\mu\text{S}/\text{cm}$ (**Figure 11**).



Figure 11 : Photos real de conductimètre électrique

D. Mesure de la Turbidité

❖ Principe

Elle est mesurée par la méthode Néphélométrique ; le faisceau lumineux traverse horizontalement la cuvette contenant l'échantillon, une partie de cette lumière est diffusée par effet Tyndall grâce aux particules en suspension. Le photomultiplicateur d'électron situé à un angle de 90° par rapport au faisceau lumineux capte les photons diffusés et transforme cette énergie lumineuse en signal électrique dont le potentiel est fonction de la turbidité.

❖ Réactifs et matériels

Eau à analyser, papier absorbant, solutions d'étalons (100NTU, 20NTU, 0,02NTU).

❖ Mode opératoire

- Calibrer le turbidimètre avec les solutions d'étalons à 0 avant l'utilisation.

- Vérifier la fiabilité d'étalonnage avec la mesure de la turbidité de l'un des solutions d'étalons.
- Agiter gentiment le flacon contient l'eau à analyser.
- Rincer la cuvette avec l'eau ultra pure et la remplir avec 10 ml de l'eau à analyser.
- Nettoyer la cuvette et s'assurer que la surface de la cuvette est sèche et qu'elle ne contient aucune tâche.
- Placer la cuvette dans le puits de mesure (Il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure) et fermer le capot et appuyer sur READ.
- Noter la valeur maximale affichée.

❖ Expression des résultats

La lecture se fait directement sur l'écran de l'appareil ; la mesure est obtenue directement en NTU (**Figure 12**).



Figure 12 : Image représentative de turbidimètre et sa cuve de mesure

4.2. Les paramètres de pollution

A. Dosage de nitrites (NO_2^-)

❖ Principe

Les ions nitrites réagissent en milieu acide ($\text{pH}=1,9$) avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide ($\text{NH}_2 \text{C}_6\text{H}_2 \text{SO}_2 \text{NH}_2$) en présence d'acide orthophosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le dichlorhydrate de N-(Naphtyle1) diamino-1,2éthane ($\text{C}_{12} \text{H}_{16} \text{Cl}_2 \text{N}_2$). Il s'agit de mesure spectrophotométriques qui se fait à la longueur d'onde $\lambda=540 \text{ nm}$. La méthode est applicable à des concentrations des ions nitrites jusqu'à $[\text{N}]=0,25 \text{ mg/l}$ de NO_2 à des concentrations plus élevées on doit apprécier une dilution. La formation de la couleur rose indique la présence de nitrite [44].

❖ Réactifs

- ✓ Acide ortho phosphorique H_3PO_4 ($d= 1,7$).
- ✓ Solution d'acide phosphorique :(elle est utilisée si l'échantillon est coloré).

- ✓ Réactifs colorés :(réactifs dangereux).
- ✓ Solution mère étalon d'azote nitreux (NO_2) 100mg/l.
- ✓ Solution fille étalon d'azote nitreux (NO_2) 1mg/l.

❖ Mode opératoire

- Prendre 40 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 1ml de réactif colorer I.
- Homogénéiser immédiatement en faisant tourbillonner et compléter à 50 ml d'eau (échantillon), le pH doit être de 9, laisser reposer 20 min.
- Effectuer les lectures à la spectrophotométrie à la longueur d'onde de 540 nm.

❖ Expression des résultats

Le résultat donné à la teneur en azote nitreux N-NO_2 exprimée en mg/l, Pour obtenir la teneur en nitrite NO_2 , multiplier ce résultat par 3,29.

Remarque

Les échantillons doivent être analysés dans les 24h qui suivent leurs prélèvements si non les conserver entre 2 et 5°C ; dans le cas d'échantillon trouble, il faut filtrer ceux-ci sur filtre à membrane de 0,45 μm . Si la coloration de l'échantillon est susceptible d'interférer, on traite une deuxième prise d'essai mais en remplaçant le réactif coloré par 1ml de la solution H_3PO_4 .

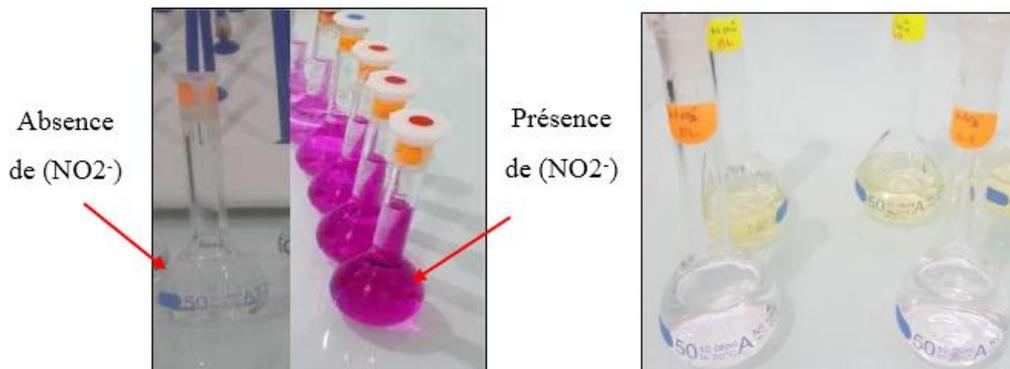


Figure 13 : Dosage des ions nitrites (NO_2^-)

B. Dosage de l'ammonium (NH_4^+)

❖ Principe

L'ammonium réagit avec les ions hypochlorite (qui sont générées par hydrolyse alcaline du sel de sodium du dichloroisocyanurates de sodium) pour former des chlores amines qui vont réagir par la suite avec le salicylate de sodium à $\text{pH}=12,6$ en présence de Nitrosopentacyanoferrate III pour former un composé bleu du citrate de sodium incorporer aux réactifs pour masquer l'interférence des cations, notamment le calcium et le magnésium. Le composé bleu est dosé spectromitriquement à la longueur d'onde $\lambda_{\text{max}}=655 \text{ nm}$. L'application de cette méthode aux eaux très colorées ou salées nécessite une distillation préalable [45].

❖ Réactifs

- ✓ Réactif coloré.
- ✓ Solution de dichloroisocyanurate de sodium.
- ✓ Eau exempte d'ammonium préparée par deux méthodes : échange d'ion ou par distillation.

❖ Mode opératoire

- Prendre 40 ml l'eau à analyser.
- Ajouter 4 ml du réactif coloré et homogénéiser bien la solution.
- Ajouter 4 ml de la solution de dichloroisocyanurate de Na, le pH doit être égal à 12,6.
- Compléter jusqu'à 50 ml avec de l'eau distillée.
- Laisser reposer pendant au moins 60 mn.
- Tous les dosages et étalonnages doivent être effectués à la même température (25 C° au bain-marie).
- Effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 655nm.

❖ Expression des résultats

Les résultats donné la tenure en azote ammoniacal exprimée en mg/l pour obtenir en NH_4 multiplier ce résultat par 1,28.

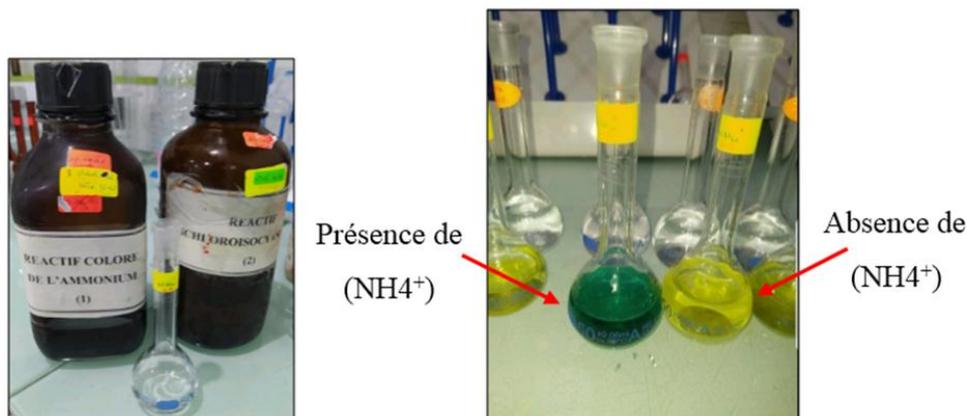


Figure 14 : Dosage des ions d'ammonium (NH_4^+)

C. Dosage des ions ortho phosphates (PO_4^{3-})

❖ Principe

Les ions orthophosphates réagissent avec une solution acide contenant des ions de molybdate et d'antimoine pour former un complexe d'antimonyle-phosphomolybdate, il réduit par l'acide ascorbique pour former un complexe de molybdène fortement coloré en bleu qui est dosé spectromitriquement à la longueur d'onde $\lambda_{\text{max}}=880\text{nm}$ [46].

❖ Réactifs

- ✓ Solution de molybdate acide.

✓ Solution acide ascorbique $C_6H_8O_6$ à 100 g/L.

❖ Mode opératoire

- prendre 40 ml d'eau analyse.
- ajouter 1 ml d'acide ascorbique.
- agiter bien la solution.
- ajouter 2 ml de la solution de molybdate.
- compléter jusqu' à 50 ml avec de l'eau distillée.
- laisser reposer pendant 10 à 30 min.
- Effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 880 nm.

❖ Expression des résultats

Le résultat donné la teneur en phosphore exprimée en mg /l et pour obtenir la teneur en ortho phosphates PO_4 , multiplier le résultat par 3,06.

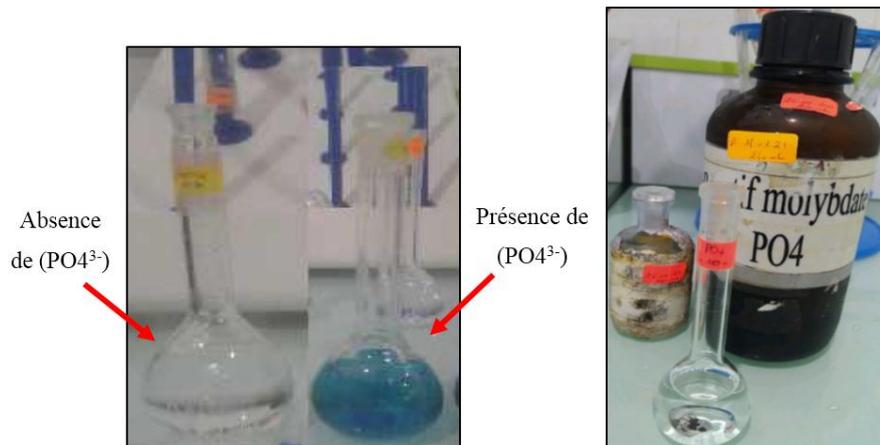


Figure 15 : Dosage de phosphate (PO_4^{3-})

4.3. Les paramètres bactériologiques

Pour déterminer la qualité de l'eau échantillonnée quotidiennement, il doit être effectué des différents types d'analyses bactériologiques : les analyses biologiques réduites ou ABR et des analyses biologiques complètes ABC qui se font une fois par semaine ou par mois suivant les objectifs de l'ADE. Il existe deux méthodes pour la réalisation de ces paramètres : La méthode de la membrane filtrante (sur milieu solide), et la méthode de l'incorporation en gélose (en milieu liquide). Les germes ou les bactéries jouant un rôle pathogène ou d'indicateur pour déterminer la qualité d'eau.

Le laboratoire effectué la recherche des germes ou des bactéries qui sont des indicateurs de contamination fécale. Ces paramètres sont :

- Coliformes totaux et fécaux.
- Streptocoques fécaux.

- *Clostridium sulfito réducteur.*
- Germes totaux.

Les paramètres sont faits en utilisant la méthode de l'incorporation en gélose (en milieu liquide)

➤ **Matériels et produits spécifiques utilisés pour l'analyse bactériologique**

Tableau 5: Matériels et les appareils utilisés pour l'analyse bactériologique.

| Les appareils | La verrerie | Les milieux et les réactifs |
|--|--|--|
| -Autoclave de stérilisation - Autoclave biologique (37C°et 44C°) -Bec benzène -Compteur de colonies -Bain-marie -Autoclave | - Pincés -Flacons de 250ml -Boîtes de pétrie -Pipettes pasteurs stériles -Tube à essai -Coton et papier aluminium | -Milieu BCPL (sélectif) -Milieu Schubert - Réactif Kovacs -Réactif Thiosulfates de Sodium -Milieu de Roth -Milieu Eva Letsky -Milieu viande foie -Milieu TGEA |

➤ **Méthodes de prélèvement**

▪ **Lavage et stérilisation**

Les prélèvements bactériologiques doivent être recueillis dans des flacons soumis à un nettoyage rigoureux et à une bonne stérilisation. Ces flacons sont plongés pendant 24 heures dans de l'eau contenant un détergent. Après ce temps, nettoyé avec une brosse et un goupillon toutes les surfaces internes. On rince avec l'eau du robinet puis on réalise 3 à 4 rinçages avec de l'eau distillée. On laisse la verrerie sécher à l'aire libre, ensuite on met quelques goûtes de thiosulfates de sodium pour rendre la fonction de chlore inactive dans les eaux ayant subi une désinfection au chlore après on passe à la stérilisation qui se fait dans l'étuve à 170 °C pendant deux heures.

▪ **La méthode de prélèvement**

Le prélèvement présente l'étape la plus importante lors d'une analyse bactériologique d'une eau. Cependant de bons résultats ne peuvent être prononcés que si les échantillons ont été correctement prélevés, c'est-à-dire de façon à représenter le plus exactement le milieu d'où provient l'eau. Les modes opératoires du prélèvement varient suivant la source d'eau : Dans le

Chapitre II : partie expérimentale.

cas des eaux distribuées par canalisation le prélèvement se fait à partir d'un robinet, la manipulation s'effectue comme suit :

- Se laver soigneusement les mains et les avant-bras, les rincer à l'alcool, laissé sécher.
- Ouvrir le robinet et laisser couler 2 minutes après en fait de test de chlore.
- Fermer le robinet.
- On prend un pince en fer enrobée de coton et d'alcool, flamber énergiquement l'orifice du robinet pendant 1 minute.
- Ouvrir le robinet et laisser couler 2 à 3 minutes pour refroidir avant de faire le prélèvement.
- Il est souhaitable de garder la flamme au-dessus du robinet.
- Prendre le flacon de la main gauche et flamber rapidement le bord du goulot et remplir avec l'échantillon ne pas remplir entièrement, laisser O₂ pour ne pas suffoquer les germes et flamber une deuxième fois le goulot et bien fermer, renvelopper le bouchon de papier aluminium.
- Etiqueter le prélèvement et inscrire sur un cahier.

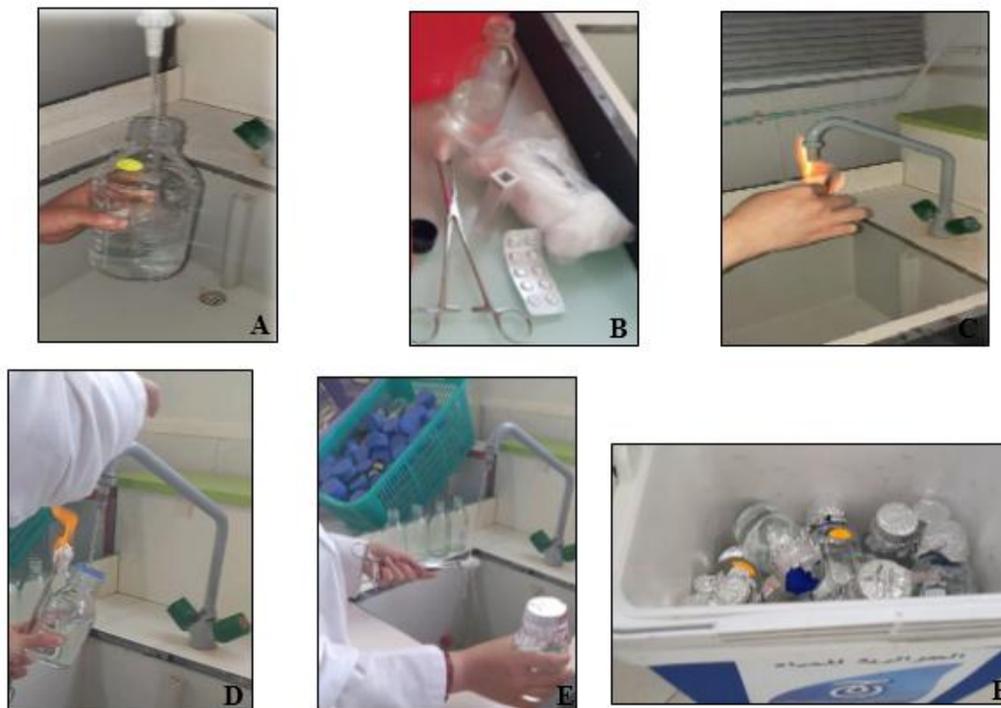


Figure 16 : Méthodologie d'échantillonnage (A : Rinçage des flacons ; B : Les outils de stérilisation ; C : Stérilisation du robinet ; D : Remplissage des flacons ; E : Flacon prêt à la conservation ; F : Mise en conservation)

▪ Transport et conservation au laboratoire

Dans le but d'éviter toute modification que peut subir l'eau dans le flacon, l'analyse doit être faite très rapidement. Ainsi, lorsque la durée du transport dépasse une heure et la

température extérieure est supérieur à 10°C, les prélèvements doivent être transportés dans des glacières dont la température est comprise entre 4 et 6°C.

➤ **Méthodes utilisée pour la recherche des bactéries**

Remarque : Pour plus de détaille sur la composition des milieux de cultures bactériologiques : voir (ANNEXE III)

▪ **Les Analyses Bactériologiques Réduites (ABR)**

A. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux.

❖ **Principe**

Le dénombrement des coliformes totaux et coliformes fécaux en utilisant le bouillon lactose au pourpre de Bromocrésol, tous les tubes sont munis de cloches de durham pour déceler le dégagement éventuel de gaz dans le milieu.

❖ **Milieux de cultures**

- ✓ Bouillon lactose au pourpre de Bromocresol (BCPL) à double concentration (D/C).
- ✓ Bouillon lactose au pourpre de Bromocresol (BCPL) à simple concentration(S/C).
- ✓ Milieu de confirmation : bouillon de SCHUBERT.
- ✓ Réactif de KOVACS pour la recherche d'indole.

❖ **Mode opératoire**

La technique en milieu liquide fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

• **Test de présomption**

Il est réservé à la recherche des Coliformes totaux. A partir de l'eau à analyser porter aseptiquement :

- 3 fois 10 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham.
- 3 fois 1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.
- 3 fois 0,1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.
- Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloche et bien mélanger le milieu.
- L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

Seront considérés comme positif + ; les tubes présentant à la fois :

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

❖ **Expression des résultats**

Noter le nombre final des tubes positifs dans chaque série et on se reporte à la table du de Mac Grady (NPP) pour obtenir le nombre de coliforme présent dans 100 ml d'eau à analyser (**ANNEXE II**).



Figure 17 : Le résultat de la recherche des Coliformes totaux

- **Test de confirmation**

Le test de confirmation encore appelé test de Mac Kenzie et basé sur la recherche de Coliformes thermo tolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*E. Coli*. Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des Coliformes totaux feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une anse bouclée de 2 à 3 gouttes dans tube contenant le milieu indole mannitol (SCHUBERT) muni d'une cloche de Durham.

- L'incubation se fait cette fois-ci à 44°C pendant 24 heures.
- Note le nombre de tube positifs dans chaque série et on se reporte à table du NPP pour obtenir le nombre de Coliforme fécaux dans l'eau. (**Annexe II**).

La présence de Coliforme fécaux se manifeste par un dégagement gazeux (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche) et un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *Escherichia Coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de KOVACS.

- ❖ **Expression des résultats**

Le dénombrement des coliformes fécaux s'effectue de la même manière que celui des coliformes totaux et les résultats sont exprimés dans 100 ml d'eau à analyser.

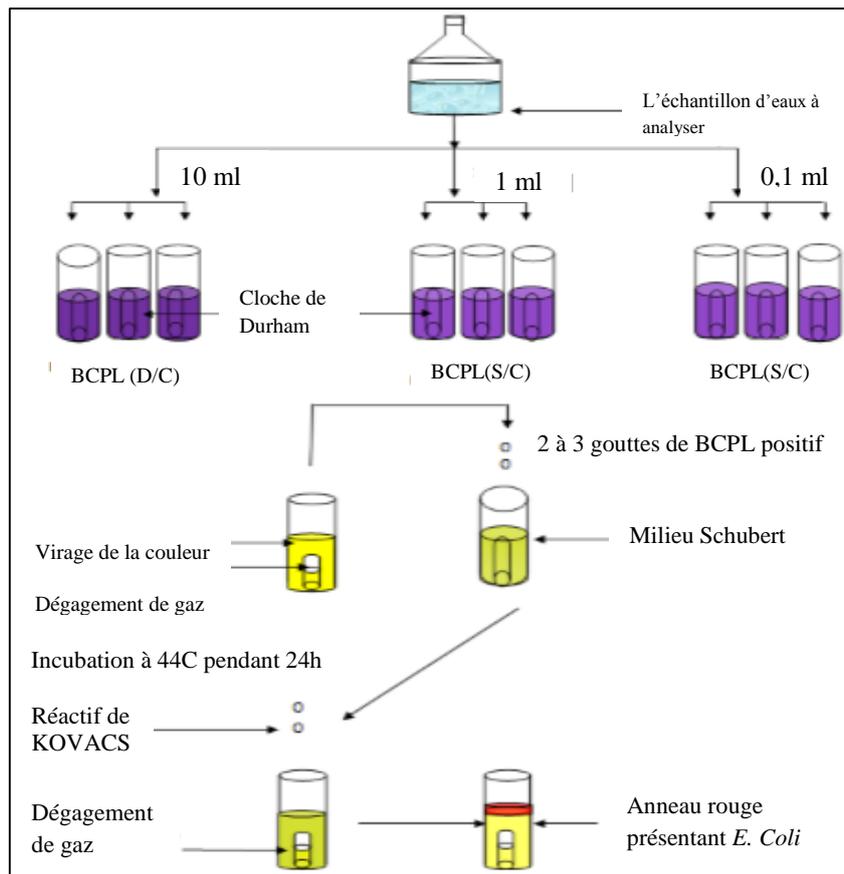


Figure 18 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux dans l'eau

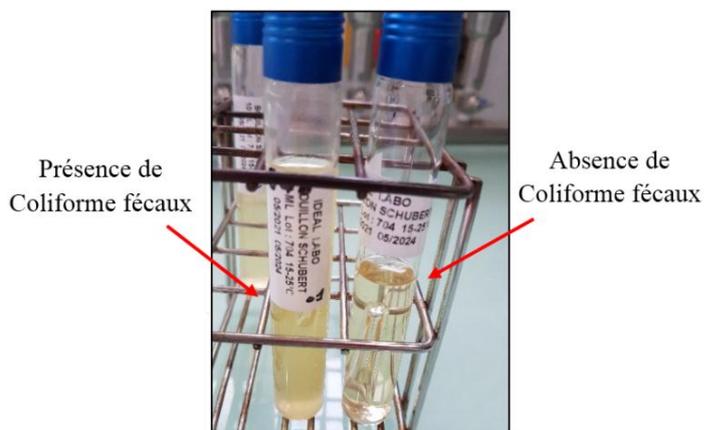


Figure 19 : Le résultat de la recherche des Coliformes fécaux



Figure 20 : Anneau rouge représentant *E. coli*

B. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux

❖ Principe

Rechercher et dénombrer les Streptocoques fécaux considérés comme des témoins de pollution fécale. Elles comptent deux temps :

- La recherche **présomptive** du Streptocoque.

- La recherche **confirmative** des Streptocoques fécaux.

- ❖ **Milieux de culture**

- ✓ Milieu de ROTHE à D/C sans cloche.
- ✓ Milieu de ROTHE à S/C sans cloche.
- ✓ Milieu EVA LITSKY.

- ❖ **Mode opératoire**

- **Test présomptif**

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

- 3 tubes de 10 ml bouillon ROTHE de (D/C) avec 10 ml d'eau à analyser.
- 3 tubes de 10 ml bouillon de ROTHE (S/C) avec 1 ml d'eau à analyser.
- 3 tubes de 10 ml de bouillon de ROTHE (S/C) avec 0,1 ml d'eau à analyser.
- Bien mélanger le milieu et l'inoculum.
- L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

- ❖ **Expression des résultats**

Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- ✓ Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu pendant cette période et considéré comme susceptibles de contenir un Streptocoque fécal.
- ✓ Le test confirmatif est obligatoire.

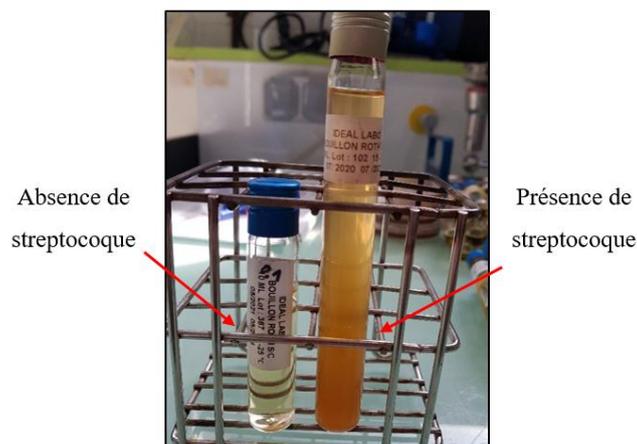


Figure 21 : Le résultat de la recherche des Streptocoques

- **Test confirmatif**

- Les tubes de ROTHE positifs, après l'agitation, prélevée de chacun d'eux quelques gouttes à l'aide d'une pipette pasteur donc faire l'objet d'un repiquage dans un tube contenant le milieu EVA LITSKY, Bien mélanger le milieu et l'inoculum.
- Incubation pendant 24h à 37°C.

➤ **Expression des résultats**

Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

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

Noter le nombre de tubes positifs (+) dans chaque série et se reporter aux tables du NPP pour connaître le nombre de Streptocoques fécaux contenus dans 100 ml d'eau (**Annexe II**).

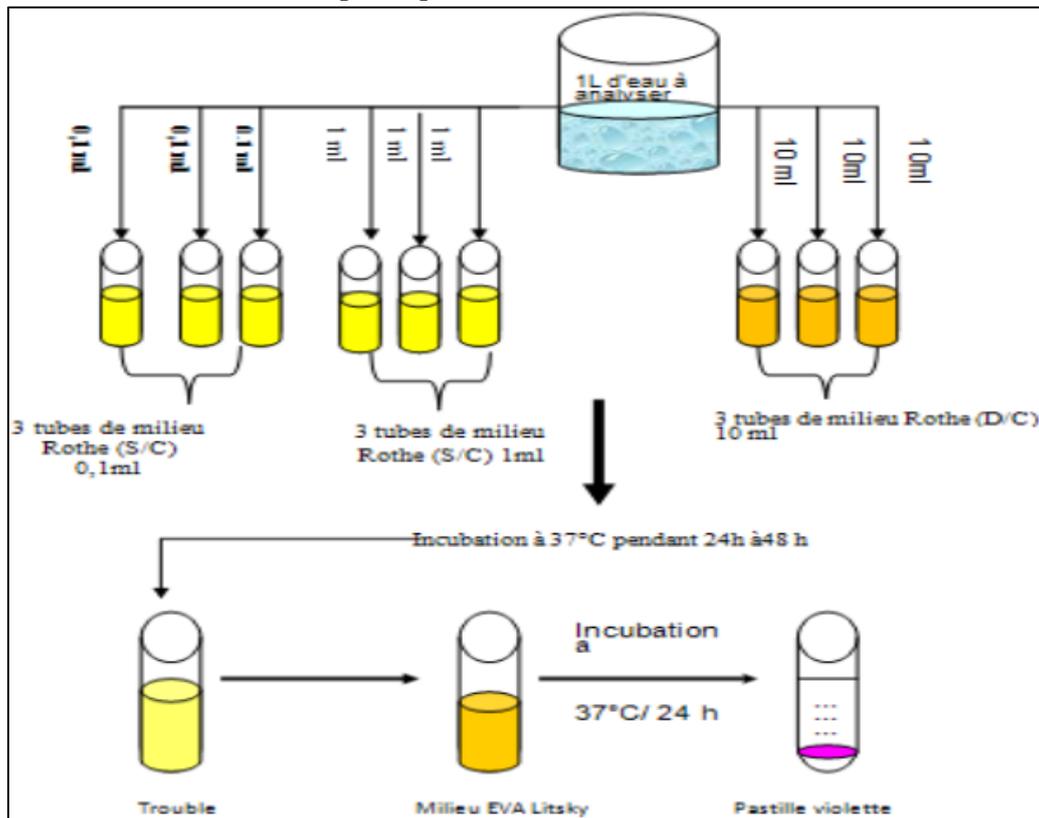


Figure 22 : Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux dans l'eau



Figure 23 : Le résultat de la recherche des streptocoques *Fécaux*

★ **Les Analyses Bactériologique Complètes (ABC)**

C. Recherche et dénombrement des *Clostridium Sulfito-Réducteur*

❖ Principe

Après destruction des formes végétatives par un chauffage à 80°C seules les spores vont persister dans l'échantillon. Ce dernier est incorporé dans un milieu de base fondu, généré et additionné de sel de fer. La présence de germes sulfito- réducteurs se traduisent par un halo noir de sulfure de fer autour des colonies.

❖ Milieu de culture

- ✓ Milieu Gélose viande foie (VF).

❖ Mode opératoire

- On introduit dans 4 tubes à essai 20 ml d'eau à analyser (5 ml dans chaque tube).
- On place les tubes dans un bain marie à 80°C pendant 5 minutes.
- 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 mélanger avec précaution.
- Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes environ, puis incuber à 37°C pendant 48 heures avec une première lecture après 16 heures d'incubation, une deuxième après 24h.

❖ Expression des résultats

Après la période d'incubation sera considérée comme positif, les tubes contenant de grosses colonies noires, qui correspondent au *Clostridium* sulfito-réducteur.

- ✓ On compte toute colonie noire de 0,5 mm de diamètre dans chaque tube et on rapporte le nombre total des colonies dans les 4 tubes.
- ✓ On exprime les résultats en nombre de germes par 20 ml.



Figure 24 : Le résultat de la recherche des *Clostridium* sulfito-réducteur

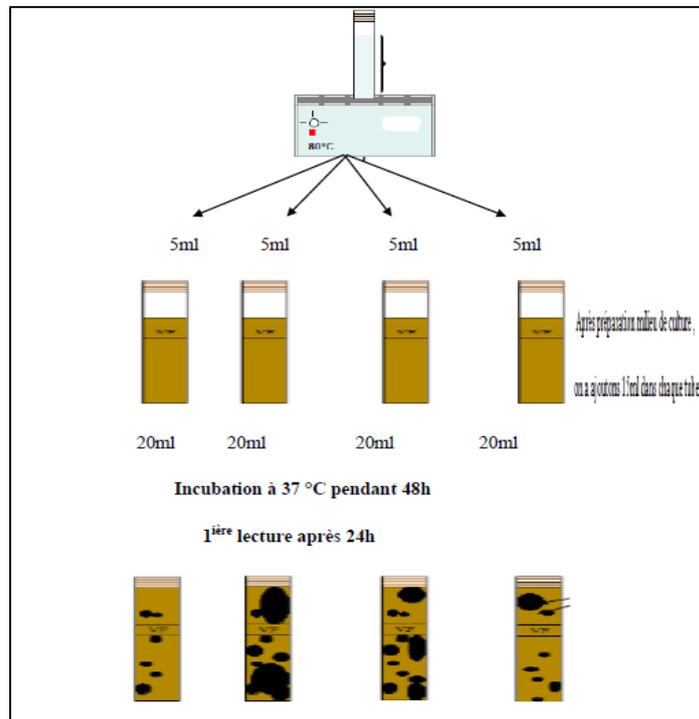


Figure 25 : Recherche et dénombrement des *Clostridium* sulfite-réducteurs

D. Recherche et dénombrement des Germes totaux

❖ Principe

Le dénombrement des germes totaux consiste en une estimation du nombre des germes totaux dans l'eau.

❖ Milieu de culture

- ✓ Gélose glucosée Tryptonée à l'Extrait de Levure (TGEA).

❖ Mode opératoire

- Allumer le bec benzène.
- Verser 1 ml d'eau à analyser dans deux boîtes de pétri stériles vides préparées à cet usage et numérotées.
- Le milieu gélosé TGEA est fondu dans un bain marie à 100°C puis refroidi à environ 45°C.
- Compléter en suite chacune boîtes avec environ 15 ml de gélose TGEA et mélanger avec précaution en mouvement rotatoire puis laisser solidifier.
- Retourner les boîtes et incuber, une à 37°C pendant 24 h à 48 h (Incubation dans Etuve) l'autre à 22°C pendant 72 h (Incubation a l'air libre) la lecture se fait après chaque 24h.

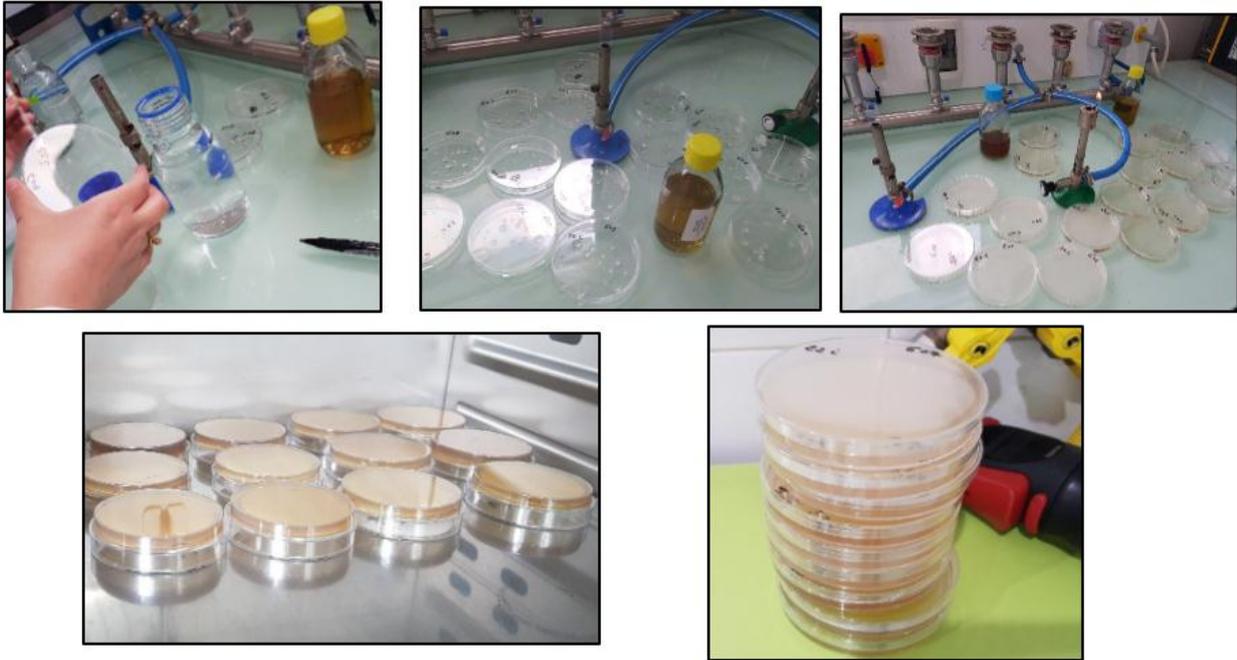


Figure 26 : Les étapes de la recherche des Germes tatau dans l'eau

❖ **Expression des résultats**

Seront considérés comme positif ; les boites présentant des colonies blanchâtres aux tours de boites. Les résultats sont exprimés en nombre de germes par 1 ml (Germe/1ml).

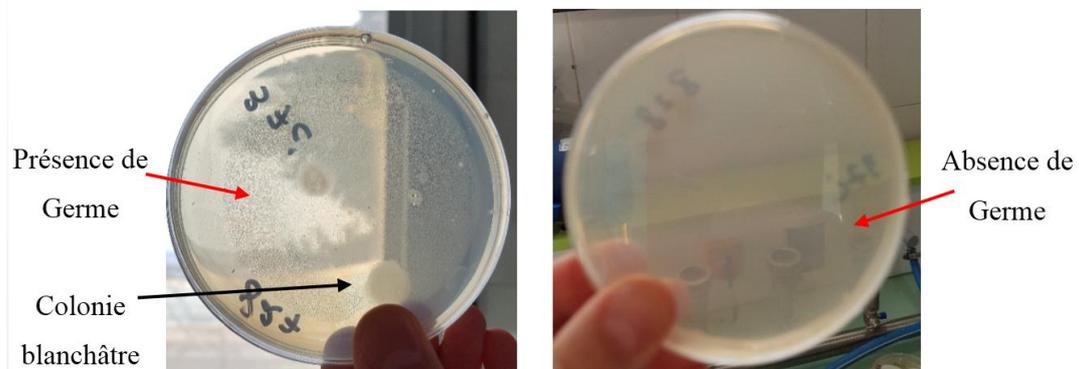


Figure 27 : Le résultat d'analyses des germes totaux

Chapitre III :

Résultats et

Discussion

Chapitre III : Résultat et discussion

Les analyses physico-chimique et bactériologique de l'eau joue un rôle important dans la détermination de sa qualité, pour juger leur utilisation comme eau potable. Pour atteindre cet objectif, nous avons déterminé dans cette partie l'évolution des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des différentes sources d'eau de la région de Bouira. Au cours de ce chapitre, nous présenterons et discuterons les principaux résultats obtenus afin de détecter leur potabilité. Ce travail a été effectué sur cinq sources pendant les mois de Mai, Juin, Juillet 2021 pour cela, on a nommé nos échantillons comme suit :

S1: Barrage LAKHAL

S2: Forage de SIDI ZIANE

S3: Puit MERDJA

S4: Source DJURDJURA

S5: Eau mineral TOGI

I. Résultat des Analyses physico-Chimiques Réduites (ACR)

1.1. Température

D'une façon générale, la température des eaux est influencée essentiellement par les variations climatiques. Les résultats relatifs aux mesures de la température des différents échantillons, sont représentés dans le graphe suivant :

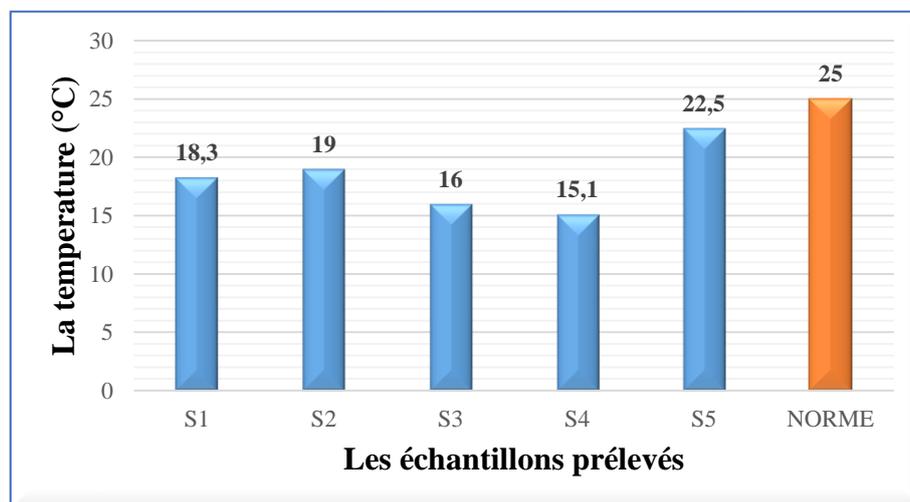


Figure 28 : Représentation graphique des valeurs de la température des eaux prélevées

Les températures relevées dans les échantillons étudiés sont très voisines et varient entre 16 et 22,5 C° Ces résultats obtenus correspondent aux normes algériennes (2005) et sont proches à celle recommandée pour les eaux potables à savoir une température de 25°C. Ce qui

nous permet de dire que nos échantillons d'eau sont dans les normes. D'après les résultats que nous avons obtenus, la température des échantillons analysés est reliée avec le climat :

- ❖ Les jours pluvieux : de $15 \leq x \leq 18.5$.
- ❖ Les jours ensoleillés : de $18.5 \leq x \leq 22$ [28].

Pratiquement, l'élévation de température favorise la croissance des microbes et la formation des maladies. Par contre, l'abaissement de la température va diminuer l'efficacité de traitement [27].

1.2.Potentiel d'hydrogène (pH)

C'est l'un des paramètres les plus importants pour l'évaluation de la qualité d'eau. Le pH constitue un facteur limitant pour les processus d'épuration (survie des bactéries, nitrification, précipitation du phosphore...) d'où l'importance de contrôler ce facteur. Les résultats sont mentionnés sur la figure suivante :

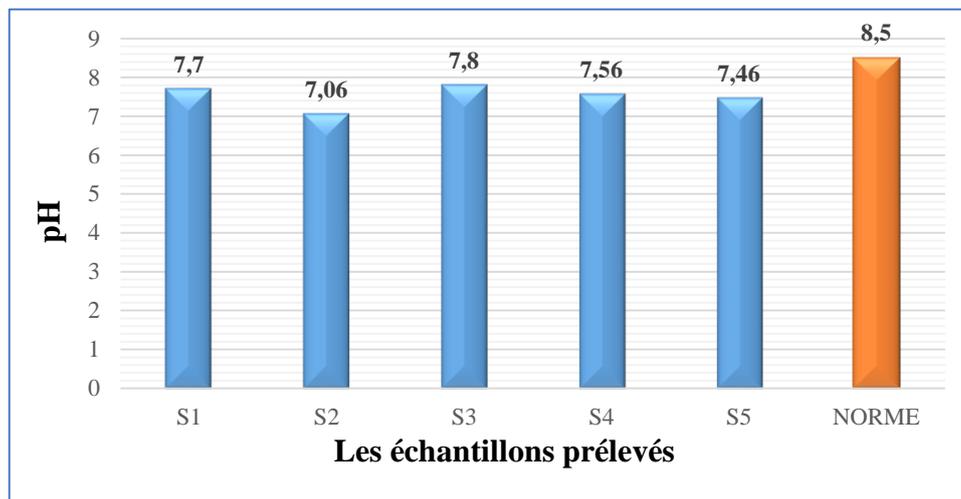


Figure 29 : Représentation graphique du pH des sources étudiés

On remarque que tous les échantillons d'eau de la zone d'étude varient présentent un pH neutre (de 7,06 à 7,80), et que la variation de ces valeurs est faible. Les valeurs obtenues sont proches entre elle et aux normes qui exigée de l'OMS (pH compris entre 6,5 et 9) pour l'eau potable. En effet, nos échantillons analysés sont de qualités acceptables et sont recommandés à la consommation humaine.

Ces valeurs sont probablement dues à l'influence de la nature géochimique du sol et des roches affleurant par action de lessivage et surtout à la nature argileuse. Dans le cas de Barrage LAKHAL, l'ion bicarbonate (HCO_3^-) est le plus commun des carbonates présents dans l'eau ; ce qui explique le caractère alcalin de l'eau brute avec un pH de 7,80.

Le pH dépend en grande partie de l'effet tampon (développé par carbonates et les bicarbonates) des terrains traversés qui sont en majorité des terrains calcaires et dépend également de la nature des rejets qui y sont déversés [27]. D'après l'étude comparative La moyenne du pH de l'eau brute tourne autour de la valeur 7,86. Cette valeur n'avantage pas le traitement, sachant que pour avoir une coagulation et une floculation efficaces, il faudrait avoir un pH optimum se situant entre 5.5 et 6.5 ; ce qui nécessite l'abaissement du pH par l'utilisation des doses de sulfates d'aluminium assez élevées et l'adjonction d'un adjuvant de floculation acide (exemple : H_2SO_4). [28]

Pour la valeur de pH de l'eau minéral TOGI cette eau est consommable dans la vie quotidienne donc elle conforme aux normes algérienne et international indiqué par l'OMS.

1.3. Conductivité électrique

La variation de la conductivité est induite par la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Cette mobilité dépend de la nature des ions dissous et de leur concentration. Les variations de la conductivité en fonction des sources et sont illustrées dans la figure au-dessus :

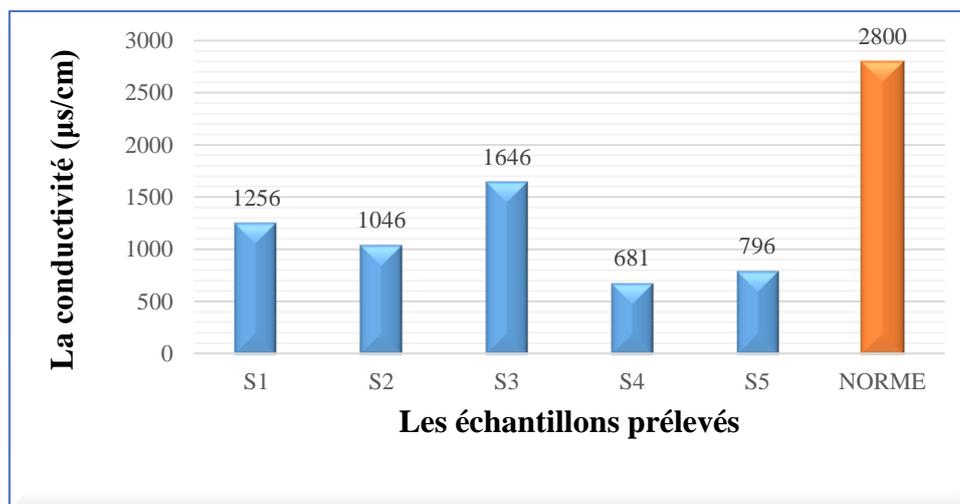


Figure 30 : Représentation graphique de la conductivité électrique des eaux prélevées

La quasi-totalité des valeurs de conductivité présentées par les échantillons est inférieure à la valeur maximale recommandée par la norme algérienne (valeur limitée à 2800 $\mu S/cm$ à 20°C) et OMS (valeur limitée à 2100 $\mu S/cm$ à 20°C). La conductivité oscille entre 681 $\mu s/cm$ et 1256 $\mu s/cm$ dont le maximum est enregistré au niveau puits MERDJA et le minimum au niveau de la Source DJURDJURA. Il s'agit donc d'une eau considérée minéralisée et sa qualité est jugée bonne.

Cette variation est due au changement de la concentration en sels dissous dans les eaux et indique qu'il y a une différence de minéralisation importante entre les sources. Les eaux de la Source DJURDJURA et L'eau minéral TOGI présentent une minéralisation importante où la valeur est : $666 \mu\text{s}/\text{cm} < \text{cond} < 1000 \mu\text{s}/\text{cm}$ contrairement aux eaux de Barrage LAKHAL, Forage de SIDI ZIANE, Puit MERDJA présents des minéralisations élevées où la valeur est : $\text{Conductivité} > 1000 \mu\text{s}/\text{cm}$. Ceci peut être expliqué par la nature géochimique des roches traversées par les eaux dans les différentes régions de sources.

1.4. Turbidité

La turbidité d'une eau est causée par la présence des matières en suspension ou par des substances en solution comme les substances d'origines minérales (sable, argiles ou limons), des matières organiques (mortes ou des végétaux en décomposition, des planctons suspendus) ou d'autres matières microscopiques qui forment un obstacle au passage de la lumière dans l'eau [47]. Les résultats sont illustrés dans le diagramme suivant :

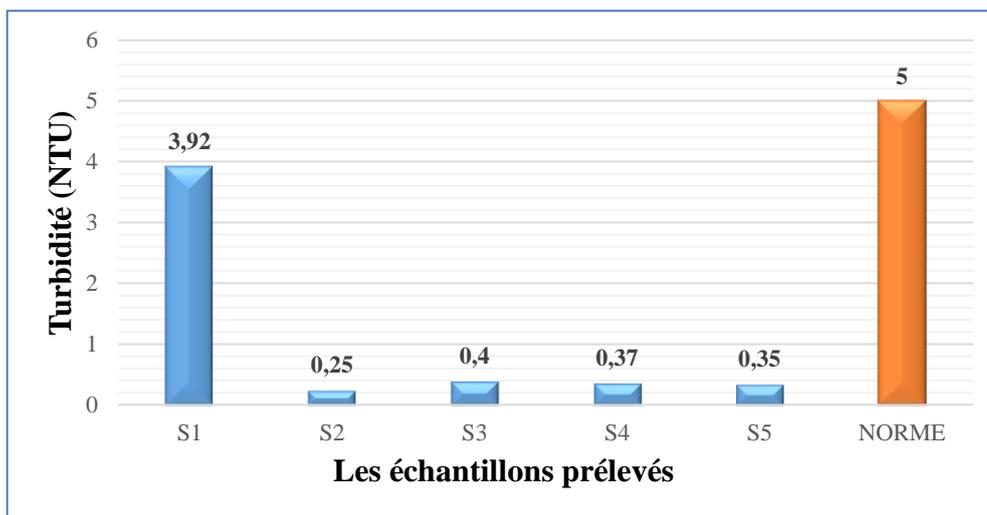


Figure 31 : Représentation graphique de la turbidité des eaux étudiées.

Les résultats des analyses des échantillons d'eau de la zone d'étude montrent une turbidité variant entre 0.25 NTU et 3.92 NTU. Toutes les valeurs sont conformes à la Norme OMS et la Norme Algérienne de potabilité.

Cette variation peut être expliquée par la différence de concentration des particules fines en suspension (MES) soit d'origine naturelle, en liaison avec les précipitations, soit produites par les rejets urbains et industriels. À titre d'exemple le Barrage LAKHAL qui possède une turbidité plus élevée par rapport aux autres, cette turbidité est induite par la présence des matières en suspension, telles que l'argile, le limon, les particules organiques, les planctons et les autres organismes microscopiques mais toujours conforme aux normes de potabilité [28]. (ANNEXE VI).

II. Résultat des paramètres de pollution

2.1. Phosphate PO_4^{3-}

La présence des phosphates a souvent pour origine l'infiltration des produits de décomposition de matières organiques. Pour les eaux naturels, la contamination par les composés phosphorés est due souvent aux rejets industriels, engrais, détergents et à la contamination fécale [18]. Les résultats sont figurés dans la figure au-dessus :

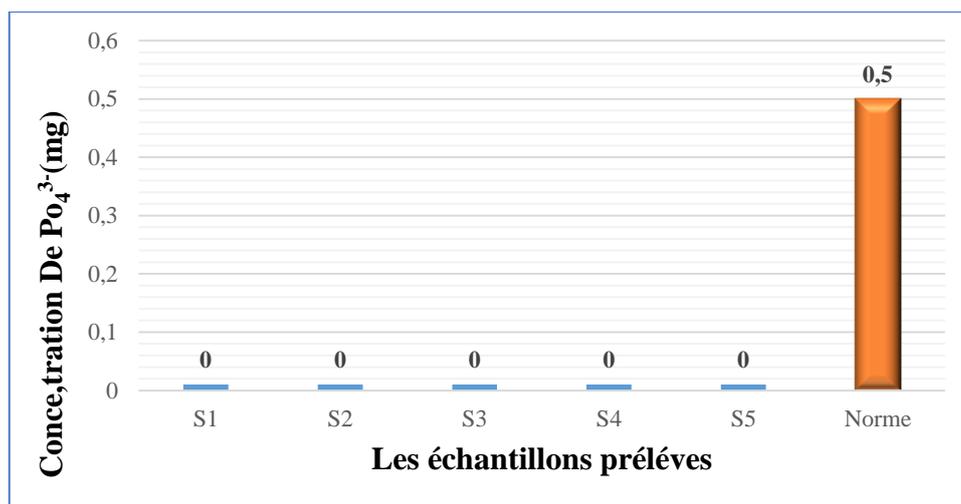


Figure 32 : Représentation graphique de la concentration du phosphate dans les échantillons prélevés.

Cependant, les eaux analysées, ne sont pas assujetties à un risque de pollution par le phosphate du fait que les valeurs enregistrées lors des analyses sont toutes nulles (0mg/l). Le résultat négatif obtenu pour les phosphates, est attribué à notre sens à une absence de contamination qu'elle soit d'origine agricole (engrais phosphatés) ou autres. Donc toutes les valeurs sont conformes à la Norme OMS et la Norme Algérienne de potabilité (ANNEXE I).

2.2. Nitrites NO_2^-

Les nitrites sont les indicateurs de la pollution. Elles proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammonium soit d'une réduction des nitrates.

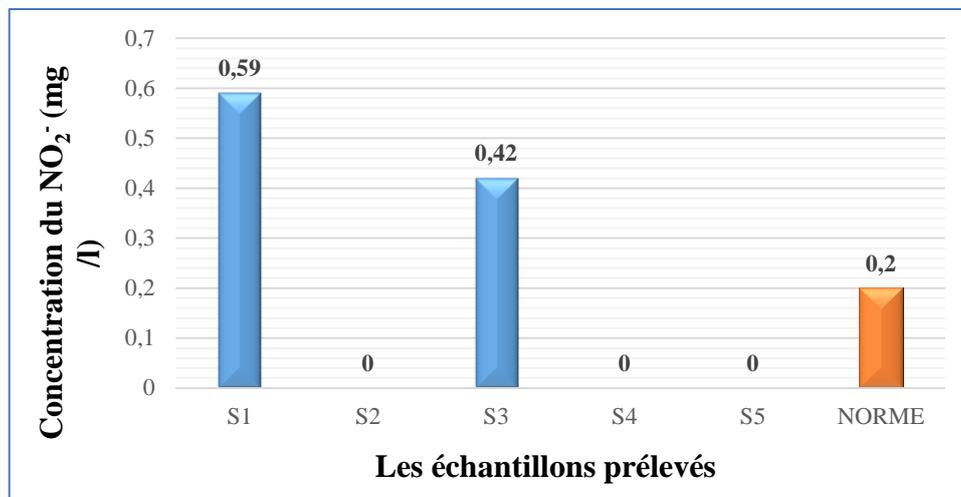


Figure 33 : Représentation graphique de la concentration du nitrite dans les échantillons prélevés.

Ce graphe montre que la teneur en nitrites varie au cours de l'étude de 0 à 0,59 mg/L. Les normes algériennes indiquent une valeur de nitrite maximale de 0.1 mg/L. Ceci montre que nos échantillons présentent une teneur relativement élevée à celle indiquée par les normes dans le cas de le Barrage LAKHAL et Puit MERDJA. Les résultats des analyses des échantillons d'eau de Forage SIDI ZIANE, Source DJURDJURA, Eau minéral TOGI montrent une absence de nitrite donc toutes les valeurs sont conformes à la Norme OMS et la Norme Algérienne de potabilité.

D'après les études de Dégbey, la pollution nitrique des eaux souterraines (Puit MERDJA) serait due aux déchets des animaux, au fumier ou aux engrais chimiques utilisés dans la fertilisation des terres agricoles, présence de contamination par infiltration de polluants qu'il soit de nature domestiques, agricoles ou industriels et urbains. L'ion nitrite (NO_2^-) s'oxyde facilement en ion nitrate, c'est la raison pour laquelle cette forme se retrouve rarement en concentration importante dans les eaux naturelles. La présence de nitrites dans l'eau de Barrage LAKHAL s'explique par la présence d'espèces végétales et animales qui sont les principales sources de matières minérales azotées générées par oxydation des diverses protéines dans le cycle de l'azote [48].

2.3. Ammonium NH_4^+

L'azote ammoniacal est toxique pour la vie aquatique. Le critère de toxicité n'est pas fixe mais variable selon le pH et la température. Dans les eaux naturelles, l'azote ammoniacal provient principalement du lessivage des terres agricoles (nitrate d'ammonium) ainsi que de l'infiltration éventuelle des eaux usées d'origine municipale et industrielle. La faible teneur

obtenue en NH_4^+ montre que ces particules proviennent essentiellement du métabolisme bactérien.

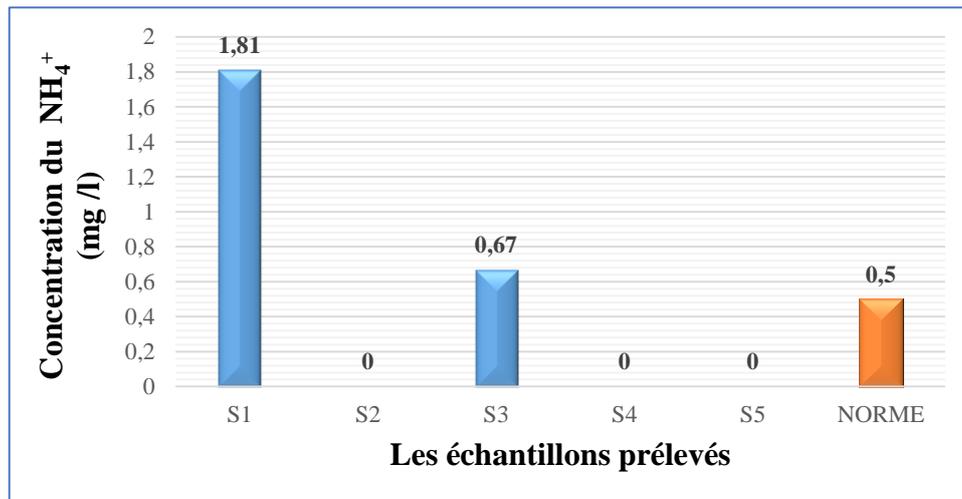


Figure 34 : Représentation graphique de la concentration de l'ammonium dans les échantillons prélevés.

D'après les valeurs enregistrées, nous avons constaté que la majorité des échantillons sont de bonne qualité sauf les deux échantillons S₁ et S₃ contiennent une concentration de 1,81 et 0,67 mg/l. C'est donc un indicateur de la pollution de l'eau par des rejets organiques d'origine agricoles, domestiques ou industriels et aussi par la géologie locale et l'interaction eau-roche.

✓ Conclusion

Suite aux analyses multi variées des résultats physico-chimiques qui ont porté essentiellement sur l'évaluation de la qualité des eaux des différentes sources de la région de Bouira, il ressort que la plupart des paramètres analysés répondent aux normes de potabilité internationales de l'OMS et nationales algériennes, Tandis que de Barrage LAKHAL et la Source de Puit MERDJA où il dépasse la norme des paramètres de pollution mais cela n'empêche pas d'être une eau de qualité convenable et acceptable pour être consommée nécessitant un traitement physique simple pour améliorer la qualité de l'eau de la ville (ANNEXE VI).

III. Résultats des paramètres bactériologiques

La qualité microbiologique des eaux présente un facteur important lors de l'étude de sa potabilité, pour cela on a procédé à la recherche de différents groupes bactériens susceptibles de contaminer les eaux de consommation. Les résultats d'analyses microbiologiques de nos échantillons d'eau sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau 6 : Résultats des analyses bactériologiques

| Paramètres | Unité | S ₁ | S ₂ | S ₃ | S ₄ | S ₅ |
|---------------------------------------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Coliformes Totaux | UFC/100ml | 460 | 02 | 101 | Abs | Abs |
| Coliformes Fécaux | UFC/100ml | 64 | Abs | 28 | Abs | Abs |
| <i>Escherichia. coli</i> | UFC/100ml | 7 | Abs | Abs | Abs | Abs |
| Streptocoques Fécaux | UFC/100ml | 240 | Abs | 23 | Abs | Abs |
| Germe Totaux (22°C) | UFC/100ml | 250 | 01 | 100 | Abs | Abs |
| Germe Totaux (37°C) | UFC/100ml | 281 | 03 | 82 | Abs | Abs |
| <i>Clostridium Sulfito-réducteurs</i> | UFC/20ml | 03 | Abs | 01 | Abs | Abs |

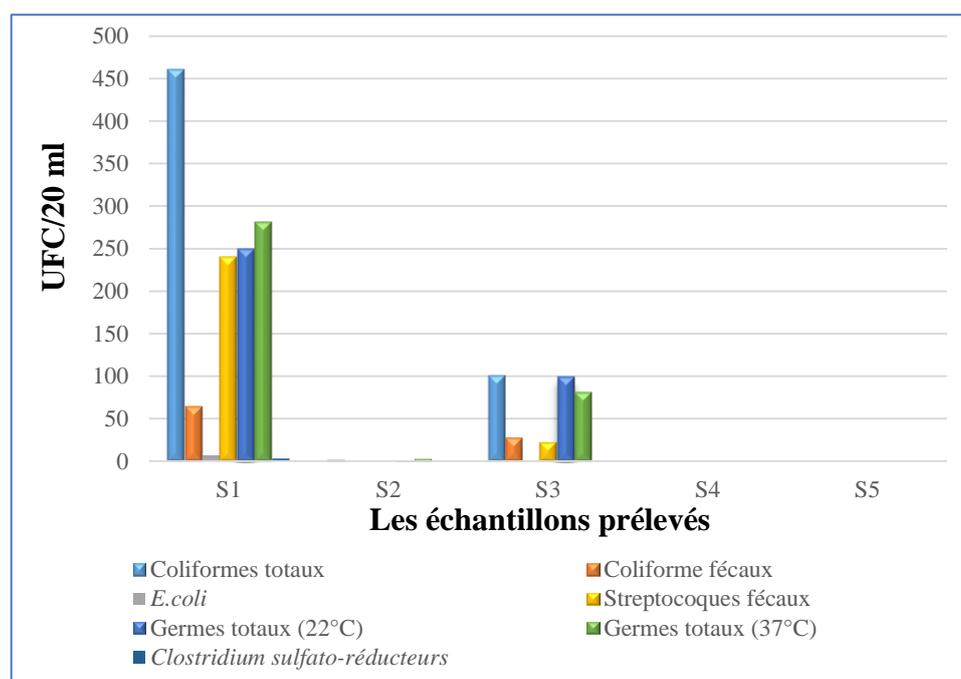


Figure 35 : Représentation graphique des résultats de l'analyse bactériologique

3.1. Coliformes totaux et fécaux

Selon les réglementations algériennes et européennes, une eau destinée à la consommation humaine ne doit pas renfermer des coliformes totaux et fécaux dans 100 ml. Les résultats des analyses des échantillons d'eau de la zone d'étude montrent une absence totale des coliformes totaux dans les deux sources S₄ et S₅ et presque nul dans la source S₂ avec un nombre de 2 UFC/100ml, donc l'inexistence des coliformes fécaux, en particulier *E. coli*. Ceci montre

que les échantillons d'eau sont conformes à la réglementation algérienne. Cela signifie une absence de contamination fécale.

L'absence des coliformes fécaux et d'*E. Coli* dans l'eau est la conséquence de la préchloration et la bonne désinfection appliquées au niveau de ces eaux. Par contre l'eau de la source S₁ et S₃ présente un nombre de 460 et 101 UFC/100ml respectivement qui dépasse la norme algérienne. La présence de coliformes totaux dans l'eau traitée, ou le dépassement des normes réglementaires, n'impliquent pas nécessairement un risque pour la santé publique [49]. La plupart des espèces de ce groupe se retrouvent naturellement dans le sol, l'eau ou la végétation selon l'étude de Edberg par contre la présence des coliformes fécaux indique automatiquement la présence des contaminations fécal [50].

Le risque sanitaire relié directement à la présence de bactéries du groupe de coliformes fécaux, est donc faible, à l'exception de certaines souches d'*E.coli* et de certaines bactéries opportunistes qui peuvent causer de graves maladies chez les patients débilisés. Les coliformes fécaux présent avec un nombre 64 UFC/100ml dans S₁ et S₃ avec 28 UFC/100ml avec l'ordre respective mais toujours conforme aux normes et acceptable pour être consommé mais nécessitant une désinfection simple pour améliorer la qualité de l'eau consommable.

3.2.Streptocoque fécaux

Selon Rodier, 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 [26].

Les analyses bactériologiques (le test présomptif Rothe) effectuées sur les échantillons d'eaux montrent la présence des streptocoques fécaux dans la source S1 avec une valeur de 240 UFC/100ml et dans la source S₃ avec une valeur de 23 UFC/100ml avec une absence totale pour les autres échantillons, cela est la conséquence de la bonne désinfection appliquée au niveau de ces eaux. L'eau de Barrage LAKHAL présente des streptocoques et cela est causé par les infiltrations des eaux usées ou bien les systèmes d'assainissement défectueux ou mal entretenus, voir même inexistant et les ruissellements des eaux pluviales et dépôts sauvages pendant cette période. Cette eau est acceptable pour la consommation humaine nécessitant un traitement de désinfection. [28]. (ANNEXE VI).

La présence des streptocoques dans la source de Puit MERDJA est non significative donc absence de contamination fécal. Selon les réglementations européennes, une eau de très bonne qualité nécessitant un contrôle uniquement. [28]. (ANNEXE VI).

3.3.Les *Clostridium* sulfito- réducteurs

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 ancienne. Dans la présente étude et à travers les prélèvements effectués dans les différents sources ; les *Clostridium* sulfito- réducteurs sont absents dans tous les sources sauf pour la source S₁ et S₃ où on a noté trois halo noir dans tube contenant la source S₁ et un seul halo noir dans le tube qui contienne la source S₃ ce qui indique la présence de contamination fécale. Ce si nécessite un traitement de désinfection avec javellisation pour l'éliminer. (ANNEXE VI).

L'absence des Clostridiiums dans l'eau, nous confirme la potabilité de l'eau (0/20ml) et un bon déroulement du traitement (la désinfection). [28]. (ANNEXE I).

3.4.Germes totaux

La présence de germes totaux en quantité anormalement élevée, semble être indicatrice de difficultés de traitement ou d'un entretien inadéquat du réseau et une forte turbidité peut aussi protéger les micro-organismes des effets de la désinfection, et stimuler la croissance des bactéries ou déclencher une forte demande en chlore .

D'après Le tableau en remarque une absence totale des germe totaux à 22 C° et 37C° dans les deux sources S₄ et S₅ et presque nul dans la source S₂ où on a noté une seul colonie blanchâtre dans la boîte incubé à 22 C° et trois colonie incubé dans des boîte à 37C°. Ils restent toutes fois conformes aux normes prescrites par la réglementation algérienne cela semble confirmer il y a un traitement efficace dans l'eau ou la protection de la source. A l'exception les eaux de Barrage LAKHAL(S₁) et Puit MERDJA (S₃) présent un nombre de :

- Barrage LAKHAL : 250 UFC/100 ml (Germe à 22°) et 281 UFC/100 ml (Germe à 37°)
- Puit MERDJA : 100 UFC/100 ml (Germe à 22°) et 82 UFC/100 ml (Germe à 37°)

Ce nombre élevé de germes (cas de Barrage LAKHAL) est dû aux inondations, car l'écoulement des oueds qui alimentent le barrage ramasse au cours de leur trajet de nouvelles charges microbiennes, ce qui augmente le nombre des microorganismes à cette période, ce qui nécessite une désinfection pour minimiser le risque microbiologique. Pour le puits on a constaté que le taux des germes aérobies dépassent le seuil de potabilité ce qui nécessite aussi un traitement simple de désinfection [28]. (ANNEXE VI).

Le nombre élevé des germes revivifiables à 22°C revient à la température idéale du milieu aquatique qui favorise leur amplification. Par contre, les germes revivifiables à 37°C qui sont provenus de la matière fécale des animaux à sang chaud. Ils représentent une quantité altérable et cela provoqué par une contamination d'origine fécale (l'infiltration des eaux usées) [28].

✓ Conclusion

Les résultats d'analyse bactériologique effectuée sur les différentes sources d'eau de la région de Bouira montrent une absence totale de tous les germes pathogènes qui peuvent contaminer l'eau de consommation dans le Forage de SIDI ZIAN, Source DJURDJURA ainsi l'eau minérale TOGI, ce qui signifie que la qualité microbiologique de nos prélèvements est bonne et satisfaisante et répondent aux normes algériennes de potabilité.

L'eau de puits MERDJA et Barrage LAKHAL présente une charge des germes indicateurs (Coliformes, *Streptocoques* et Germe), mais ceci n'indique pas que ces derniers ont une mauvaise qualité, elle est acceptable pour la consommation nécessitant un traitement de désinfection par javellisation [28].

Conclusion

Conclusion

Une eau potable est une eau qui peut être consommée sans danger pour la santé, il constitue une ressource importante pour l'organisme humain et sa consommation. Toutefois, elles s'épuisent et leur qualité se dégrade sous l'effet de la nature des terrains et des différentes activités humaines, par ailleurs, la demande en eau est à satisfaire non seulement de points de vue quantité mais doivent répondre surtout aux exigences de qualité ce qui implique une surveillance sur le plan physiques, chimiques et biologiques.

L'étude menée au cours de ce modeste travail a pour but d'évaluer la potabilité des eaux distribuées au niveau de cinq différentes sources de la wilaya de Bouira de l'eau de consommation par des analyses physicochimiques et bactériologiques réalisées au niveau de laboratoire de l'ADE de la wilaya de Bouira. Les résultats des analyses physicochimiques ont montré que ces caractéristiques sont dans les intervalles des normes nationales et internationales retenues pour l'eau de trois sources Forage de SIDI ZIANE, Source DJURDJURA, Eau minéral TOGI) cela signifie que cette eau est dure, minéralisée et de bonne qualité.

Contrairement pour les deux sources de Barrage LAKHAL et Puit MERDJA dépassant les normes algériennes et présenter un risque de pollution et de contamination selon l'OMS, nécessitant un traitement pour être consommable. Du point de vue bactériologique, quelques échantillons analysés ont présenté des coliformes totaux et fécaux, *Escherichia-Coli*, *Streptocoque* fécaux et Germe totaux, faisant signe d'une contamination fécale. Les résultats des analyses bactériologiques ont montré que l'eau des sources de DJURDJURA et Forage SIDI ZIANE est consommable et de bonne qualité bactériologique ou on a noté l'absence presque totale des germes recherchés qui signifie que cette eau est dure et considérée comme une eau équilibrée, minéralisée et répond aux normes de potabilité et de bonne qualité. Cette potabilité dû à différentes causes telles que l'éloignement des habitations (et donc le non passage des réseaux d'assainissements), absence de déchets des animaux, diminution de l'activité humaine, condition climatique.

Celle de l'eau des sources de Barrage LAKHAL et Puit MERDJA c'est une eau de qualité bactériologique acceptable donc consommable nécessitant une simple désinfection. Cette contamination est due à la richesse et la charges des eaux en matières en suspension qu'ainsi que de matières colloïdales, plancton animal et végétal.

De par les résultats d'analyses obtenues, nous pouvons donc conclure, que l'eau de consommation de la ville de Bouira est de qualité bactériologique et physicochimique satisfaisante, enfin nous suggérons une meilleure prise en charge de suivi de la qualité de l'eau

Conclusion.

potable dans le réseau de distribution qui est fréquemment soumis à de nombreuses contaminations (fuites, problème de bio film, corrosion). Les mesures préventives comme la multiplication des fréquences des prélèvements d'échantillons pour contrôle chez les abonnés contribuent à minimiser les risques des maladies à transmission hydriques.

En perspective, il sera intéressant de faire l'analyse de l'eau des puits pour découvrir toute contamination des eaux souterraines puisque, ces eaux doivent être réservées surtout pour les besoins domestiques. En outre, il sera évident de les protéger, et les traiter préalablement les eaux usées provenant de la ville avant leur déversement dans Oued, et les nouvelles unités industrielles doivent respecter les lois et les réglementations afin d'éviter toute dégradation du milieu naturel. Il faut aussi désinfecter l'eau avant de la boire, stocker l'eau dans des conditions hygiéniques (nettoyages des réservoirs, bâches d'eaux...) Au niveau de Barrage il nécessite une station d'épuration et devraient être soumis à des analyses routinières de dépistage de la contamination microbiologique et chimiques pour avoir une eau potable consommable.

Liste des références

- [1] **KIRKPATRICK. K, FLEMING .E** : *La qualité de l'eau*, ROSS TECH 07/47, 12p, 2008.
- [2] **KHERIFI, BEKIRI**, *Les maladies à transmission hydrique en Algérie*. Journal Algérien des régions aride : 10 Bouira, 2017.
- [3] **ISABELLE .J, VERNE**, « *Débordements d'égouts unitaires et protection des sources d'eau potable : intégration des changements globaux* », mémoire, école polytechnique de Montréal, MONTRÉAL, 2015.
- [4] **DEVAUX .I**, Intérêts et limites de la mise en place d'un suivi sanitaire dans le cadre de la réutilisation agricole des eaux usées traitées de l'agglomération clermontoise, Thèse «*Sciences de la Vie et de la Santé* », univ. Joseph Fourier, Grenoble, 257 p, 1999.
- [5] **KHAOULANIS**, « *Traitement d'eaux usées par adsorption sur des polymères de cyclodextrine et développement de capteurs chimiques à base de membranes de verres de chalcogénures destinées à la détection des ions Hg^{2+}* », Thèse, Université du Littoral Côte d'Opale, France, 2015.
- [6] **KAHOUL .M, TOUHAMI .M**, *Larhyss Journal*, n°19,129-138p, Septembre 2014.
- [7] **MUSY. A, HIGY. C**, *Hydrologie : une science de la nature*, 1^{ère} édition. Presse polytechniques et universitaires romandes. Amazon, France. 2004.
- [8] **EDELINE. F**, *L'épuration biologique des eaux résiduaires : Théorie et Technologie*. 3^{ème} édition, 170-201p, Technique et Documentation, Paris, France, 1988.
- [9] **VILAGINES.R**, *Eau. Environnement et santé publique* : Introduction à l'hydrologie. 2^{ème} édition. 218 p, 2000.
- [10] « *Eau saline : définition, explications* », *Aqua Portail*, 2020. [En ligne]. Disponible sur : <https://www.aquaportail.com/definition-5538-eau-saline.html>, Consulté le 07 / 07/ 2021.
- [11] **RAPINAT .M**, « *L'eau* », Presse universitaire de France, 1982.
- [12] **HUOT .A**, « *Eau et santé* », La revue Bio, contact, n°200, 2010.
- [13] **FRANÇOIS. R**, « *Dictionnaire encyclopédique d'écologie et de science de l'environnement* », 2^{ème} édition DUNOD, 65-100 p, Paris, 2002.
- [14] **BOUZIANI. M**, *L'eau de la pénurie aux maladies*, Edition IBN-Khaldoun. Oran.
- [15] **THOMAS. O**, « *Météorologie des eaux résiduaires* », vol. Technique et Documentation, édition Lavoisier, 135-192 p, 1995.
- [16] **MONJOU**, *Les pathologies d'origine hydrique et la potabilité de l'eau*, Faculté de Médecine Pitié-Salpêtrière, Les Cahiers du MURS n°33 - 2^{ème} trimestre. Paris, 1997.
- [17] **OMS**, « *Normes de surveillance des maladies évitables par la vaccination* ».

- [18] **BAZIZ.N**, « *Etude sur la qualité de l'eau potable et risque potentiels sur la santé cas de la ville de BATNA* », Mémoire de Magister, université Colonel Elhadj Lakhdar, Batna, 2008.
- [19] **GOITA**, *Les bactéries pathogènes d'origine hydrique de l'épidémiologie à la prévention*, Thèse de doctorat, Université Mohamed El Khamese-Souissi, Maroc, 134 p, 2014.
- [20] Tim **NEWMAN**, « *what you need to know about typhoid* », *MedicalNewsToday*, 2017. [En ligne]. Disponible sur: www.medicalnewstoday.com/articles/156859.php, Consulté le 07 / 06/ 2021.
- [21] **ZONGO. W**, « *Diagnostic et différenciation de entamoeba histolytica et entamoeba dispar par PCR en temps réel* », Mémoire, Université Joseph Ki-Zerbo, Ouagadougou, 2015.
- [22] **DIAYE .A**, « *Etude bactériologique des eaux de boissons vendues en sachet dans quatre communes d'abidjan* », Thèse, Université de Bamako, Mali, 2008.
- [23] **MANHAL .A**, « *Optimisation d'un procédé de traitement des eaux par ozonation catalytique* », Thèse, Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Poitiers, France, 2014.
- [24] **KOUIDRI. Z**, « *Etude et traitement de l'eau du barage Djorf ElTorba de la wilaya de Bechar par filtration sur sables* », Mémoire de Magister, Université Hassiba Benbouali, Chlef, 2006.
- [25] **RODIER.J, BAZIN.C, BROUTIN.J, CHAMBON.P, CHAPSAUP.H, RODI.L**, *L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer*. 6^{ème} édition Dunod, 30-31,204-205,380-500,1086-1335p, Paris 1996.
- [26] **RODIER**, *L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer*, 8^{ème} édition Dunod, 158-159-160,1243-1260-1265 p. Paris, 2005.
- [27] **RODIER**, *L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer*, 9^{ème} édition Dunod. Paris, 2009.
- [28] **HABOUL.A, TOUATI. A**, « *Contribution à l'évaluation de la potabilité des eaux dans quelques régions de la wilaya de Bouira* », mémoire, université AKLI MOUHAND OULHADJ, Bouira, 2019.
- [29] **GUENTRIS, RAHMANIA .F**, « *Contribution à la connaissance de la remontée et la pollution des eaux* », Edition : universitaires européennes, 2015.
- [30] **RODIER**, *L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eaux de mer*, 7^{ème} édition Dunod. Paris, 1984.
- [31] **RODOLPH.P**, *Le grand livre de l'eau, la manufacture, cité des sciences*, 160-370 p, Paris. 1990.
- [32] **DAY. E**, « *The chemical elements in nature* », George C. Harrap & Co, London, U.K, 1963.

- [33] **DESJARDINS.R**, *Le traitement des eaux*, 2^{ème} édition revue et corrigée, Raymon, 302-304 p, 1997.
- [34] Commission de protection des eaux, « *Les différents paramètres physiques et chimiques des eaux* ». [En ligne]. Disponible sur : <http://www.cpepesc.org/Les-principaux-parametres.html> ; Consulté le 09 / 07/ 2021.
- [35] **DEGREMENT**, *Mémento technique de l'eau*, 1^{ère} édition, Paris : Lavoisier-lexique technique. 1952.
- [36] **BREMOND.R, VUICHARD. R**, *Paramètres de la qualité des eaux*, Paris (1973).
- [37] **DEGREMENT**, *Mémento technique de l'eau*, 9^{ème} Edition. 1984.
- [38] **COULAIS.J**, *Qualité des eaux et normes de potabilité en deux serves*, Edition : des ateliers. 2002.
- [39] **DESJARDINS.R**, *Le traitement des eaux*, 2^{ème} édition revue et corrigée. Raymon. 1997.
- [40] **HASLAY. C, LECELER .H**, « *Microbiologie des eaux d'alimentation* », 101-107 p, 1993.
- [41] **BERGEY'S**, *Pratique en microbiologie de laboratoire : Recherche des bactéries et de levures moisissures*, Edition : Lavoisier. Paris, 2004.
- [42] **AROOUR. E**, Carte de situation géographique de la wilaya de BOUIRA. Récupéré sur Découpage administratif de l'Algérie & Monographie : <http://decoupage-administratif-algerie.blogspot.com/2014/10/carte-geographique-BOUIRA.html>.
- [43] **ANDIA**, *Invest in Algeria, wilaya de Bouira*. Bouira, 2015.
- [44] Algérienne des eaux de la wilaya de Bouira (ADE), 2019.
- [45] **VILLERS. J, SQUILBIN.M, YOURASSOWSKY. C**, *Qualité physicochimique et chimique des eaux de surface*. Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement, Belgique, 2005.
- [46] **CAWST**, *Introduction à l'Analyse de Qualité de l'Eau*, Canada : Centre for Affordable Water and Sanitation Technology ,2013.
- [47] **HELENE**, Thèse d'Ingénieurs du génie sanitaire *Qualité microbiologique des eaux brutes distribuées par BRL*, l'Ecole Nationale de la Santé Publique de Languedoc roussillon (France), 81p, 2000.
- [48] **AYAD, W** : *Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux Souterraines : cas des puits de la région d'el-harrouch* (wilaya de Skikda), Mémoire de doctorat, université Badji Mokhtar, Annaba, 2016.
- [49] **DEGBEY. C, MAKOUTODE. M, FAYOMI .B, BROUWER.C**, *La qualité de l'eau de boisson en milieu professionnel à Godomey au Bénin*, J Int Santé Trav, Vol 1, 15-22 p ,2010.

[50] **ISO 7899**, *Qualité de l'eau*, Recherche et dénombrement des *Enterocoques* intestinaux, 2000.

[51] **EDBERG. S, RICE. E, KARLIN .R, ALLEN .M**, *Escherichia coli: the best biological drinking water indicator for public health protection*, Journal of Applied Microbiology, n°88, 106-116 p, 2000.

Annexes

Annexe I : Journal Officiel de La République Algérienne (Mars 2011 décret exécutif n°14-96 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine) et l'OMS.

Tableau 7: Normes International et Algériennes de l'eau potable

| Paramètres | Unité | Selon l'OMS | Selon le Journal Algérien |
|--|---------------|-------------|---------------------------|
| Facteurs physico-chimiques | | | |
| pH | - | 6.5 – 8.5 | 9 |
| Conductivité | µs/cm à 20°C | 2800 | 2100 |
| Turbidité | NTU | 5 | 5 |
| Température | °C | 25 | 25 |
| Facteurs de pollutions | | | |
| Nitrites | mg/l | 0.2 | 0,1 |
| Ammonium | mg/l | 0.5 | 0.5 |
| phosphate | mg/l | 0.5 | 0.5 |
| Facteurs bactériologiques | | | |
| Germes totaux | | | |
| - 37°C 24h | Nbr. / 100 ml | 100/100ml | 0/100 ml |
| -22°C 72h | Nbr. / 100 ml | 100/100 ml | 0/100 ml |
| Coliforme totaux | Nbr. / 100 ml | 0/100 ml | 0/100 ml |
| Coliforme fécaux | Nbr. / 100 ml | 0/100 ml | 0/100 ml |
| Streptocoques | Nbr. / 100 ml | 0/100 ml | 0/100 ml |
| <i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs | Nbr. / 20 ml | 0/20ml | 0/20 ml |

Annexe II : Dénombrement des souches bactériennes

Tableau 8: Table de Mac-Crady (Nombre le plus probable et intervalle de confiance 3-3-3)

| Nombre de tubes donnant une réaction positive sur | | | N.P.P dans 100 ml | Limite de confiance à 95 % | |
|---|-----------------|-------------------|-------------------|----------------------------|-----------------|
| 3 tubes de 10 ml | 3 tubes de 1 ml | 3 tubes de 0.1 ml | | Limite inferieur | Limite Superior |
| 0 | 0 | 1 | 3 | < 0.5 | 9 |
| 0 | 1 | 0 | 3 | < 0.5 | 13 |
| 1 | 0 | 0 | 4 | < 0.5 | 20 |
| 1 | 0 | 1 | 7 | 1 | 21 |
| 1 | 1 | 0 | 7 | 1 | 23 |
| 1 | 1 | 1 | 11 | 3 | 36 |
| 1 | 2 | 0 | 11 | 3 | 36 |
| 2 | 0 | 0 | 9 | 1 | 36 |
| 2 | 0 | 1 | 14 | 3 | 37 |
| 2 | 1 | 0 | 15 | 3 | 44 |
| 2 | 1 | 1 | 20 | 7 | 89 |
| 2 | 2 | 0 | 21 | 4 | 47 |
| 2 | 2 | 1 | 18 | 10 | 149 |
| 3 | 0 | 0 | 23 | 4 | 120 |
| 3 | 0 | 1 | 39 | 7 | 130 |
| 3 | 0 | 2 | 64 | 15 | 379 |
| 3 | 1 | 0 | 43 | 7 | 210 |
| 3 | 1 | 1 | 75 | 14 | 230 |
| 3 | 1 | 2 | 120 | 30 | 380 |
| 3 | 2 | 0 | 93 | 15 | 380 |
| 3 | 2 | 1 | 150 | 30 | 440 |
| 3 | 2 | 2 | 210 | 35 | 470 |
| 3 | 3 | 0 | 240 | 36 | 1300 |
| 3 | 3 | 1 | 460 | 71 | 2400 |
| 3 | 3 | 2 | 1100 | 150 | 4800 |

Annexe III : Composition des milieux de cultures bactériologiques et réactifs

1. Coliformes Totaux et Fécaux

❖ **Bouillon Lactose au Bromocrésol (B.C.P.L.)**

➤ **Double concentration**

- Extrait de viande de boeuf 6gr
- Peptone..... 10gr
- Lactose 10gr
- Pourpre de bromocrésol.....0.6gr
- Eau distillée.....1000 ml
- pH : 6,7

Autoclavage : 20mn à 120°C

➤ **Simple concentration**

- Extrait de viande de boeuf.....3 gr
- Peptone.....5 gr
- Lactose.....5 gr
- Pourpre de bromocrésol.....0,03gr
- Eau distillée.....1000ml
- pH : 6,7

Autoclavage : 20mn à 120°C

❖ **Milieu SCHUBERT (Indole - Mannitol)**

- Tryptophane.....0,2 gr
- Acide glutamique..... 0,2 gr
- Sulfate de magnésium 0,7 gr
- Sulfate d'ammonium..... 0,4 gr
- Citrate de sodium.....0, 5 gr
- Chlorure de sodium.....2 gr
- Tryptoneoxid.....10 gr
- Mannitol.....7,5gr
- Eau distillée.....500 ml

- Tampon phosphate pH 7,6 500ml

Autoclavage : 115°C pendant 10 mn

➤ **Préparation du tampon phosphate**

- Eau distillée500 ml
- phosphate mono sodique.....1,44 gr
- phosphate disodique9,21 gr

2. Streptocoques fécaux

❖ **Milieu de ROTHE (Bouillon glucosé à l'acide de sodium)**

➤ **Double concentration**

- Tryptone.....40 gr
- Glucose.....10gr
- Chlorure de sodium..... .10 gr
- Phosphate bipotassique.....5, 4 gr
- Phosphate mono potassique.....5,4 gr
- Azide de sodium.....0,4 gr
- Eau distillée.....1000 ml
- pH : 6,8 -7

Autoclavage : 15 mn à 121 °C

➤ **Simple concentration**

- Tryptonée.....20 gr
- Glucose.....5 gr
- Chlorure de sodium.....5 gr
- Phosphate mono potassique.....2,7 gr
- Azide de sodium.....0,2 gr
- Eau distillée.....1000 ml
- PH : 6.8-7

Autoclavage : 15 mn à 121°C

❖ **EVA Letskey (Bouillon glucosé à l'éthyle violet et azide de sodium)**

- Tryptonée..... 20 gr
- Glucose.....5 gr
- Chlorure de sodium..... . 5 gr
- Phosphate bi potassique..... 2,7 gr
- Azide de sodium..... 0,3 gr

- Ethyle violet..... 0,0005 gr
- Eau distillée.....1000ml
- pH : 6,8-7

Remarque :

Les milieux pour colimétrie (BCPL, milieu indole-mannitol) reçoivent des cloches de Durham lors de la répartition.

Autoclavage : 15mn à 121 °C

3. *Clostridium* sulfito-réducteurs

❖ **Gélose viande - foie (VF)**

- Base Viande - foie20 gr
- Glucose..... 0,75 gr
- Amidon..... 0, 75 gr
- Sodium Sulfite.....2 gr
- Fer citevet ammonical..... 0, 5 gr
- Sodium carbonate0, 67 gr
- Agar – agar..... 11 gr
- Eau distillée1000 ml
- Autoclavage 15 min à 120°C

4. Germe Totaux

❖ **Gélose Tryptone -glucose -extrait de levure (TGEA)**

- Tryptone..... 5 gr
- Glucose..... 1 gr
- Extrait de levure.....25 gr
- Gélose15 gr
- Eau distillée10000 ml
- PH : 7

Autoclavage 20 mn à 121°C

5. *E-coli*

❖ **Réactif kovacs**

- Paramethylamine benzaldehyde.....5g
- Alcool iso amylique 75ml

Annexe IV: Grille de la qualité des eaux définie par l'Arrêté conjoint du Ministre de l'Équipement et du Ministre chargé de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme, de l'Habitat et de l'Environnement n°1275-01 du 10 Chaabane 1423 (17 octobre 2002).

Tableau 9: Les différentes classes d'aptitude pour l'usage de production d'eau potable

| Classe de qualité | Excellente | Bonne | Moyenne | Mauvaise |
|---|------------|----------|-------------------------------|--------------|
| Facteurs physico-chimiques | | | | |
| Température | <20 | 20-25 | 25-30 | 30-35 |
| Conductivité | <750 | 750-1300 | 1300-2700 | 2700-6240 |
| pH | 6,5-8,5 | 8,5-9,0 | <6,5 et >5,5 ou 9,0 et 9,5 | <5,5 ou >9,5 |
| Turbidité | <5 | 5 | 5-7 | >7 |
| Facteurs de pollutions | | | | |
| Nitrite NO ₂ ⁻ | <0,2 | 0,2-1 | 1-4 | < 4 |
| Phosphate PO ₄ ³⁻ | <0,5 | 0,5-1 | 1-2 | >2 |
| Ammonium NH ₄ ⁺ | <0,5 | 0,5-2 | 2-4 | > 4 |
| Facteurs bactériologiques | | | | |
| Bactéries Coliformes | <50 | 50-5000 | 5000-50000 | >50000 |
| <i>Escherichia coli</i> | <20 | 20-2000 | 2000-20000 | >20000 |
| Streptocoque fécaux | <20 | 20-1000 | 1000-10000 | >10000 |
| <i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Germes totaux | | | | |
| - 37°C 24h | <10 | 10-100 | 100-1000 | >1000 |
| -22°C 72h | <100 | 100-1000 | 1000-10000 | >10000 |

-La Classe d'aptitude « bleu » : Eau de très bonne qualité nécessitant un contrôle uniquement (Direction européenne du Conseil 98/83/CE du 3 novembre 1998 relative à la qualité des eaux destinés à la consommation humaines).

-La Classe d'aptitude « vert » : Eau de bonne qualité et acceptable pour être consommé nécessitant un traitement physique simple et une désinfection (Direction européenne du Conseil 98/83/CE du 3 novembre 1998 relative à la qualité des eaux destinés à la consommation humaines).

-La Classe d'aptitude « **jaune** » : Eau de qualité moyenne (Eau non potable) nécessitant un traitement correctif physique, chimique et une désinfection pour la rendre conforme aux normes de potabilité (Direction européenne du Conseil 98/83 du 3 novembre 1998 relative à la qualité des eaux destinés à la consommation humaines).

-La Classe d'aptitude « **rouge** » : Eau de qualité médiocre (Eau inapte à la production d'eau potable) nécessitant un traitement physique et chimique poussée, des opérations d'affinage et de désinfection (Direction européenne du Conseil 98/83/CE du 3 novembre 1998 relative à la qualité des eaux destinés à la consommation humaines).

Résumé

L'eau potable est l'une des produits alimentaires les plus contrôlés. Elle doit être conforme aux normes de la qualité ; elle doit aussi répondre aux exigences de potabilité .Notre étude a porté sur l'évaluation de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux de consommation de cette région. Pour apprécier la qualité de ces eaux, nous avons effectué un certain nombre d'analyses, sur plusieurs échantillons prélevés dans différents sites de la ville de Bouira (05 sites). Il en ressort selon les résultats obtenus ont montré que l'eau des sources (Forage SIDI ZIANE, Source DJURDJURA, Eau minéral TOGI) est de excellente qualité bactériologique et physicochimique et remplissent les critères de potabilité en se référant aux normes nationales et celles de OMS, Tandis que les autre sources (Barrage LAKHAL et Puit MERDJA) sont acceptable mais nécessite une surveillance et un contrôle bactériologique et physique simple afin d'augmenter la qualité de potabilité.

On peut conclure que l'eau traité de la wilaya de Bouira est de qualité physicochimique et bactériologique acceptable, pour la consommation humaine, mais cela nécessitant toujours une surveillance et un contrôle pour s'assurer de la potabilité et la qualités de différent sources de l'eau, ce qui permet d'éviter toutes type des maladies hydriques, en protégeant la santé publique.

Mots clés : Bouira, Eau, Traitement, Qualité Physico-chimique, Qualité Microbiologique

Abstract

Drinking water is one of the most controlled food products. It must comply with quality standards; it must also meet drinking water requirements. Our study focuses on the evaluation of the physicochemical and bacteriological quality of drinking water in the region of Bouira. To evaluate the quality of these waters, we carried out a number of analyzes on several samples taken from different sites in the city. It emerges, according to the results obtained, that the water from the sources (SIDI ZIANE borehole, Source DJURDJURA, TOGI mineral water) are of good bacteriological and physicochemical quality which complies with drinkability criteria by referring to national standards and those of world Health organization . The water from the source (LAKHAL dam and MERDJA well) is consumable, but requires continuous bacteriological control for disinfection and simple physical treatments to protect the health and well-being of consumers.

We can conclude that the treated water from the wilaya of Bouira is of acceptable physicochemical and bacteriological quality destined for human consumption, but always requires monitoring and control to ensure the potability and quality of different sources of water. Which avoids all types of water-borne diseases while protecting public health.

Keywords: Bouira, Water, Treatment, Quality Physico-chemical, Quality Microbiological.

المخلص

يعد شرب الماء أحد أكثر المنتجات الغذائية التي يتم التحكم فيها. يجب أن يتوافق مع معايير الجودة وبمطلبات معايير مياه الشرب، وركزت دراستنا على تقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية لمياه الشرب في هذه المنطقة. لتقييم جودة هذه المياه، قمنا بإجراء عدد من التحليلات على عدة عينات مأخوذة من مواقع مختلفة في المدينة. يظهر، وفقاً للنتائج التي تم الحصول عليها، أن المياه من المصادر (بئر SIDI ZIANE، مصدر DJURDJURA، TOGI مياه المعدنية) ذات جودة بكتريولوجية وفيزيائية كيميائية جيدة وتفي بمعايير الصلاحية للشرب من خلال الرجوع إلى المعايير الوطنية ومعايير منظمة الصحة العالمية. أما بالنسبة للمصدر (سد LAKHAL وبئر MERDJA) فهي مياه قابلة للاستهلاك ولكنها تتطلب التحكم الجرثومي المستمر في التطهير والعلاجات الفيزيائية البسيطة لحماية صحة ورفاهية المستهلكين. يمكننا أن نستنتج أن المياه المعالجة لولاية البويرة ذات جودة فيزيائية وكيميائية وبكتريولوجية مقبولة للاستهلاك ولكن هذا لا يزال يتطلب المراقبة والتحكم لضمان صلاحية وجودة مصادر المياه المختلفة مما يسمح بتجنب جميع أنواع الأمراض التي تنقلها المياه وبالتالي حماية الصحة العامة.

الكلمات المفتاحية: البويرة، المياه، المعالجة، الجودة الفيزيائية والكيميائية، الجودة الميكروبيولوجية.