

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Réf :/UAMOB/F.SNV.ST/DEP.BIO/20

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV Filière : Biotechnologies
Spécialité : Biotechnologie microbienne

Présenté par :

ATTIG Imane & BERNOU Amina

Thème

**Evaluation des propriétés physico-chimiques et
bactériologiques des eaux de consommation de la ville de
Bouira**

Soutenu le : 29 /09 / 2020

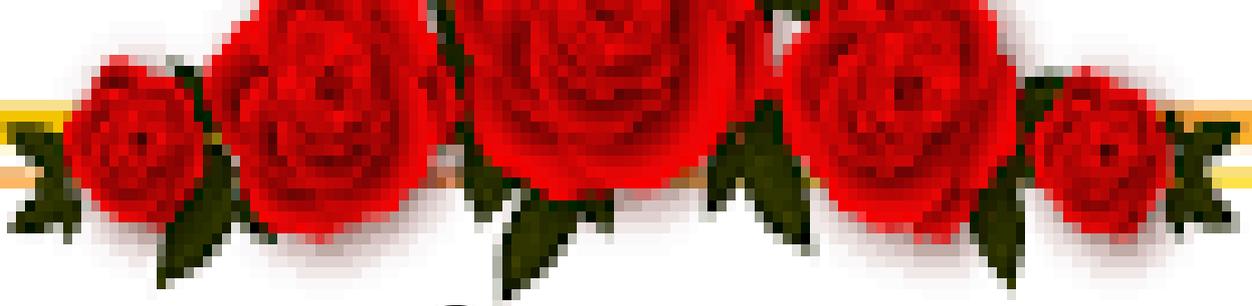
Devant le jury composé de :

<i>Nom et Prénom</i>	<i>Grade</i>		
<i>Mr. TIGHRINE ABDERRAHMANE</i>	<i>MAB.</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Président</i>
<i>Mr. CHERGUI ACHOUR</i>	<i>MCB.</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Examineur</i>
<i>Mr. IMESSAOUDENE Ali</i>	<i>MAA.</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Promoteur</i>

Année Universitaire : 2019/2020

دعاء

اللهم لا تجعلنا نصاب بالغرور إذا نجحنا ولا باليأس إذا
أخفقنا وذكرنا أن الإخفاق هو التجربة التي تسبق النجاح
اللهم إذا أعطيتنا نجاحا فلو تأخذتواضعنا وإذا أعطيتنا تواضعنا
فلا تأخذتواعتزازنا بكرامتنا
ربنا وتقبل الدعاء



Remerciement

Nos remerciements s'adressent premièrement à Allah ﷻ de nous avoir donné la volonté et le courage de mener à bien ce travail.

Nous tenons à remercier vivement notre Promoteur Monsieur IMESSAOUDENE Ali d'avoir accepté de diriger ce travail et pour ses précieux conseils et ses encouragements durant le déroulement de ce travail.

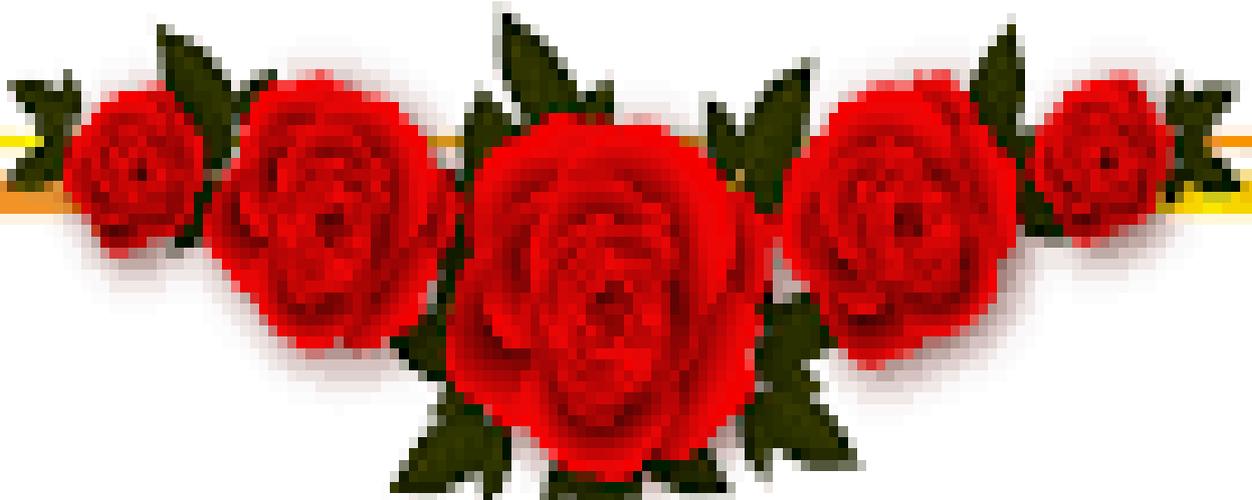
Nous tenons également à remercier Mr SAIKI Ahcen, chef de laboratoire ainsi que notre encadreur au sein du laboratoire, de nous avoir permis d'effectuer notre stage au sein du laboratoire central de l'ADE, et pour ses conseils au cours de notre stage.

Nous adressons aussi nos sincères remerciements à Monsieur TIGHRINE ABDERRAHMANE pour sa sympathie, sa gentillesse.

Veillez trouver ici l'expression de notre respectueuse considération et notre profonde admiration pour toutes vos qualités scientifiques et humaines et d'avoir accepté de présider le jury de notre soutenance.

Nous tenons également remercier Monsieur CHERGUI ACHOUR l'examineur de notre travail. Merci de nous avoir fait l'honneur de juger et d'examiner notre travail.

Enfin, nous remercions toute personne ayant contribué à l'élaboration de ce travail.



Dédicace

J'ai l'honneur de dédier ce modeste travail

*A mes chers parents, ma mère Fatima, et mon père Lamouri pour leur patience,
leur amour, et leur soutien.*

A Mes grands-mères Khdidja, houria

A mes grands-pères Aissa, Ahmed

A mes chères sœurs Nawal, Karima, Aida et ahlam, pour leurs encouragements.

*A mes chers frères Toufik, Mohammed « Moho », Rabah, et leur femmes Noura,
Assia, Saïda.*

*A mes anges wissal, Nour el houda, fadoi, Amina, Nouha, Razane, Alla, Rimasse,
Abd el rahmane, abd el jalil, Abd el raouf, Adem, Mohammed Anis,
ET Mohammed Amine.*

A ma binôme Amina qui a partagé avec moi les bons et les durs moments.

A mes belles Soulef, Loubna, Hind, Nadjet.

A tout(e)s mes ami(e)s de la Spécialité biotechnologie microbienne.

A Toute la famille paternelle Attig, et maternelle Rassoul.

A ceux que j'aime et surtout qui m'aiment.

Imane

Dédicace

*Je dédie modestement le fruit de mes longues années d'études tout d'abord :
Aux deux êtres les plus chères au monde pour moi, qui ont sacrifié leur noble
existence pour bâtir la mienne et qui ont contribué à ma réussite.*

*A mon très cher père qui mérite toute mon affection, mon respect et ma
reconnaissance*

La prunelle de mes yeux et la joie de ma vie ma très chère mère.

Je dédie également ce travail à mes adorables :

*Très chères frères Amine, Youcef, Djamel, Lamouri, Mustapha, Hocine et Khir
Eddine.*

*Toute ma famille et toutes mes amies surtout Nadjet, Soulef, et ma binôme Attig
Imane.*

A toute la section de biotechnologie microbienne à la faculté SNV de bouira.

Amina

Table des matières

Table des matières

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction..... 1

Chapitre 01 : Etude bibliographique

1.1. Généralité..... 2

1.1.1-Définition de l'eau potable 2

1.1.2-Resource en eau potable 3

1.1.2.1. Les eaux de surface 3

1.1.2.2. Les eaux souterraines..... 3

1.1.3. Cycle de l'eau 5

1.1.4. Les propriétés de l'eau..... 6

1.2.les paramètres de qualité des eaux potable 6

1.2.1.les paramètres physico-chimiques 6

1.2.1.1.les principaux paramètres..... 6

1.2.1.1.1. Température 6

1.2.1.1.2. Turbidité 6

1.2.1.1.3. Conductivité..... 7

1.2.1.1.4. Potentiel hydrogène 7

1.2.1.1.5. Taux des sels dissous (TDS)..... 7

1.2.1.1.6. Salinité..... 7

1.2.2.les paramètres de pollution..... 8

1.2.2.1. Ammonium..... 8

1.2.2.2. Nitrite 8

1.2.2.3. Phosphate 8

1.2.3.Autres paramètres..... 9

1.2.3.1.Matière Organique..... 9

1.2.3.2.Aluminium 9

1.2.3.3. Titre alcalimétrique TA, TAC..... 9

1.2.3.4. Dureté totale (TH)..... 9

1.2.3.5. Calcium (Ca ²⁺)	10
1.2.3.6. Magnésium (Mg ²⁺)	10
1.2.3.7. Chlorure	10
1.2.3.8. Fer	10
1.2.3.9. Sulfates (SO ₄ ²⁻).....	11
1.2.3.10. Chlore (Cl ₂).....	11
1.2.3.11. Manganèse (Mn ²⁺).....	12
1.2.3.12. Nitrate (NO ₃ ⁻)	12
1.2.3.13. Bicarbonate (HCO ₃ ⁻)	12
1.2.2. Paramètres bactériologiques.....	13
1.2.2.1. Les microorganismes présents dans l'eau.....	13
1.2.2.1.1. Protozoaires	13
1.2.2.1.2. Algues.....	13
1.2.2.1.3. Les mycètes	13
1.2.2.1.4. Virus.....	14
1.2.2.2. Les microorganismes recherchés dans l'eau.....	14
1.2.2.2.1. Coliforme totaux	14
1.2.2.2.2. Coliforme Fécaux	14
1.2.2.2.3. Germe aérobie mésophile totale (GAMT).....	15
1.2.2.2.4. Streptococcus	15
1.2.2.2.5. Clostridium Sulfito- réducteur	15
1.3.la pollution de l'eau	16
1.3.1. Définition	16
1.3.2. Les sources de pollutions	16
1.3.3. Les types de pollutions	16
1.3.3.1. Pollution chimique.....	16
1.3.3.2. Pollution physique.....	17
1.3.3.3. Pollution microbiologique	17
1.4.la norme de potabilité	17
 Chapitre 02 : présentation de l'organisme d'accueil et la zone d'étude 	
2.1. Présentation de l'organisme d'accueil	18
2.1.1. Présentation de l'unité d'ADE BOUIRA.....	18

2.1.2. Présentation du laboratoire central	19
2.2. Présentation de la zone d'étude	20
2.2.1. Présentation du forage F11 d'OUADHIA.....	21
2.2.2. Présentation du forage F8 de SIDI ZIANE	22
2.2.3. Présentation du forage F2 D'OULED BELLIL	22
2.2.4. Présentation du Barrage TILES DIT.....	23

Chapitre 03 : Matériel et Méthodes

3.1. Matériel.....	25
3.2. Méthodes d'analyses.....	26
3.2.1. Méthodes utilisées pour les analyses physico-chimiques.....	26
➤ Échantillonnage.....	26
➤ Mode de prélèvement.....	26
➤ Transport et conservation au laboratoire	26
3.2.1.1. Détermination des principaux paramètres.....	27
3.2.1.1.1. Potentiel d'hydrogène (pH).....	27
3.2.1.1.2. Conductivité	28
3.2.1.1.3. Température(T°).....	28
3.2.1.1.4. Teneur en Sel Dissous TDS	39
3.2.1.1.5. Salinité	39
3.2.1.1.6. Turbidité	30
3.2.1.2. Détermination des paramètres de pollution.....	31
3.2.1.2.1. Nitrites (NO ₂ ⁻).....	31
3.2.1.2.2. Phosphate(PO ₄ ³⁻)	32
3.2.1.2.3. Ammonium (NH ₄ ⁺)	33
3.2.1.3. Détermination des paramètres titrimétriques.....	34
3.2.1.3.1. Calcium Ca ²⁺	34
3.2.1.3.2. Dureté totale (TH).....	36
3.2.1.3.3. Titre alcalimétrique complet TAC.....	37
3.2.1.3.4. Chlorures Cl ⁻	38
3.2.1.3.5. Magnésium Mg ²⁺	40
3.2.1.3.6. Bicarbonate HCO ₃ ⁻	40
3.2.1.4. Détermination des paramètres colorimétriques	40
3.2.1.4.1. Fer	40

3.2.1.4.2. sulfate (SO_4^{2-})	41
3.2.1.4.3. Nitrate (NO_3^-).....	42
3.2.1.5. Teste de chlore	43
3.2.2. Méthodes utilisées pour les analyses bactériologiques.....	44
➤ Prélèvement.....	44
➤ Transport et conservation au laboratoire	45
3.2.2.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux	45
➤ Test présomptif	46
➤ Test confirmatif.....	47
3.2.2.2. Recherche et dénombrement des coliformes fécaux	48
3.2.2.3. Recherche et dénombrement d' Escherichia coli.....	49
3.2.2.4. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux	49
➤ Test présomptif	49
➤ Test confirmatif	50
3.2.2.5. Recherche et dénombrement des germes totaux	50
3.2.2.4. Recherche et dénombrement de clostridiiums sulfito-réducteur.....	52

Chapitre 04 : résultats et discussion

4.1. Résultats des analyses physico-chimiques.....	54
4.1.1. Résultats des principaux paramètres.....	54
4.1.1.1. Le potentiel d'hydrogène (pH).....	54
4.1.1.2. La conductivité	55
4.1.1.3. La température (T°).....	56
4.1.1.4. TDS	56
4.1.1.5. La salinité.....	57
4.1.1.6. La turbidité	58
4.1.2. Résultats de Détermination des paramètres de pollutions.....	58
4.1.2.1. Nitrites (NO_2^-)	59
4.1.2.3. Phosphates (PO_4^{3-}).....	59
4.1.2.2. Ammonium (NH_4^+).....	60
4.1.3. Résultats de Détermination des paramètres titrimétriques.....	61
4.1.3.1. Calcium Ca^{2+}	61
4.1.3.2. Dureté total TH.....	62
4.1.3.3. Titre alcalimétrique complet (TAC).....	63

4.1.3.4. Chlorure Cl^-	63
4.1.3.5. Magnésium (Mg^{2+})	64
4.1.3.6. Bicarbonate HCO_3^-	65
4.1.4. Résultats de Détermination des paramètres colorimétriques	65
4.1.4.1. Fer (Fe^{2+})	66
4.1.4.2. Sulfate (SO_4^{2-}).....	67
4.1.4.3. Nitrate (NO_3^-).....	68
4.1.5. Résultats de mesure de chlore (Cl_2)	68
4.2. Résultats des analyses bactériologiques.....	69
4.2.1. Les coliformes totaux	70
4.2.2. Les coliformes fécaux.....	70
4.2.3. Streptocoques fécaux.....	70
4.2.4. Clostridium sulfito-réductrice.....	71
4.2.5. Les germes totaux (à 22° et à 35°)	71
4.3. Discussion générale.....	72
Conclusion	73
Références bibliographiques	
Annexes	
Résumé	

Liste des abréviations

ADE : Algérienne des eaux.

AgNO₃ : nitrate d'argent.

C° : degré Celsius.

Cl⁻ : chlorure.

Cl₂ : chlores.

DPD : Diméthyle Paraphénylène diamine.

E.D.T.A : Ethylène Diamine Tétra-Acétique.

MO : matière organique.

pH : potentiel d'hydrogène.

Sal : salinité.

T° : Température.

TAC : Titre Alcalimétrique complets.

TA : Titre alcalimétrique.

TDS : Taux des sels dissous.

TH : Titre hydrotimétrique (dureté).

TSI : Triple Sugar Iron.

µs/cm : Micro-simens par centimètre.

VF : Viande foie.

CT : Coliformes totaux.

E. Coli : *Escherichia coli*.

CLOS : Clostridium Sulfito-réducteurs.

Strp Fec : Streptocoques fécaux.

GT à 37°C : Les germes totaux à 37°C.

GT à 22°C : Les germes totaux à 22°C.

MES : Matière en suspension.

BEA : Bile Esculine Azide.

BCPL : BromoCrésol Pourpre.

NPP : Le nombre le plus probable.

TGEA : La gélose glucosée tryptonée à l'extrait de levure.

NTU : Unité de Turbidité Néphélométrique.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

Liste des figures

Figure 01 : Représentation de la Molécule d'eau.....	1
Figure 02 : Cycle de l'eau.....	5
Figure 03 : Organigramme de Organisation de l'ADE.....	18
Figure 04 : Laboratoire centrale de l'ADE.....	19
Figure 05 : Organigramme du laboratoire	20
Figure 06 : Barrage TILES DIT	23
Figure 07 : Organigramme de matériel utiliser dans l'étude	25
Figure 08 : Dosage de Nitrite (NO_2^-)	32
Figure 09 : Dosage de phosphate PO_4^{3-}	33
Figure 10 : Dosage d'ammonium (NH_4^+).....	34
Figure 11 : Titrage de calcium Ca^{2+}	35
Figure 12 : Titrage de TH	37
Figure 13 : Titrage de TAC	38
Figure 14 : Titrage de Cl^-	32
Figure 15 : Comparateur.....	44
Figure 16 : Capsule de DPD	44
Figure 17 : Les étapes d'analyse bactériologique des Coliformes totaux (test présomptif en Milieu ENDO).....	46
Figure 18 : Les étapes de recherche des Coliformes totaux (test confirmatif en Milieu TSI).....	47
Figure 19 : Exemple d'un résultat positif de milieu TSI.....	48
Figure 20 : L'analyse de la recherche des Coliformes Fécaux (Milieu Schubert).....	48
Figure 21 : Exemple d'un résultat de présence d' <i>E. coli</i>	49
Figure 22 : Exemple d'analyse sur les streptocoques.....	50
Figure 23 : Les étapes d'analyse bactériologique pour la recherche des germes totaux (à 22°C et à 37°C).....	51
Figure 24 : Les étapes d'analyse bactériologiques de la recherche des <i>Clostridium</i> ..	52
Figure 25 : Exemple de la présence et d'absence de clostridium.....	53
Figure 26 : Histogramme représentatif des résultats d'analyses du paramètre de potentiel d'hydrogène.....	54
Figure 27 : Histogramme représentatif des résultats d'analyses du paramètre de la conductivité	55

Figure 28 : Histogramme représentatif des résultats d'analyses du paramètre de la température.....	56
Figure 29 : Histogramme représentatif des résultats d'analyses du paramètre de taux des sels dissous.....	56
Figure 30 : Histogramme représentatif des résultats d'analyses du paramètre de la salinité	57
Figure 31 : Histogramme représentatif des résultats d'analyses du paramètre de la turbidité.....	58
Figure 32 : Histogramme représentatif des résultats d'analyses du nitrites.....	59
Figure 33 : Histogramme représentatif des résultats d'analyses du phosphates.....	59
Figure 34 : Histogramme représentatif des résultats d'analyses d'ammonium.....	60
Figure 35 : Histogramme représentatif des résultats d'analyses de calcium.....	61
Figure 36 : Histogramme représentatif des résultats d'analyses de la dureté totale...	62
Figure 37 : Histogramme représentatif des résultats d'analyse de titre alcalimétrique complet (TAC).....	63
Figure 38 : Histogramme représentatif des résultats d'analyse de chlorure.....	63
Figure 39 : Histogramme représentatif des résultats d'analyse de magnésium.....	64
Figure 40 : Histogramme représentatif des résultats d'analyse de bicarbonate.....	65
Figure 41 : Histogramme représentatif des résultats d'analyse de fer.....	66
Figure 42 : Histogramme représentatif des résultats d'analyse de sulfate.....	67
Figure 43 : Histogramme représentatif des résultats d'analyse du nitrate.....	68
Figure 44 : Histogramme représentatif des résultats de mesure de chlore.....	69

Liste des tableaux

Tableau 01 : Principales différences entre les eaux de surface et les eaux souterraines	4
Tableau 02 : Résultats des principaux paramètres.....	54
Tableau 03 : Résultats des paramètres de pollutions.....	58
Tableau 04 : Résultats des paramètres titrimétriques.....	61
Tableau 05 : Résultats des paramètres colorimétriques	65
Tableau 06 : Résultats de mesure du chlore.....	68
Tableau 07 : Résultats des analyses bactériologiques	69
Tableau 01 : Classes de turbidités usuelles (Annexe)	1
Tableau 02 : Classe du pH (Annexe)	1
Tableau 03 : Normes des paramètres physico-chimiques (Annexe)	5
Tableau 04 : Normes des paramètres bactériologiques (Annexe).....	6

Introduction

Introduction

L'eau est le seul corps que l'on trouve en permanence à la surface de la terre sous les trois états : solide (glace, neige), liquide(eau), et gazeux (vapeur d'eau) (**Parcevaux et Huber, 2007**), elle est indispensable à la survie de tous les êtres vivants et pour la consommation domestique, agricole et industrielle (**Mazzuoli, 2012**).

D'après l'organisation mondiale de la santé 80% des maladies qui affectent la population mondiale sont directement associées à l'eau (paludisme, schistosomiase...), on estime par ailleurs que les eaux polluées sont responsables de 50% des cas de mortalité infantile (**Desjardins, 1997**).

Ouvrir un robinet, remplir un récipient d'eau, derrière ce geste devenu anodin se cache toute une filière de gestion d'eau : l'eau « brute » est une matière première qui doit être prélevée, traitée, et distribuée selon des règles strictes (**Brémaud, 2006**).

Par principe toute eau potable doit être exempte d'agents pathogènes et de niveaux toxiques de produits chimique (**Bos, 2018**).

Cette étude a pour objectif d'évaluer les propriétés physico-chimiques et bactériologiques des eaux de forages (Sidi Ziane, Ouled Belil et Ouadhia) ainsi que le barrage de Tilesdit afin de juger leur utilisation comme une eau de boisson au niveau de la ville de Bouira, de connaître et réduire les risques liés à la consommation des eaux, et pour vérifier la conformité de l'eau du robinet aux normes de potabilité et de prévenir toute défaillance dans la qualité de l'eau distribuée.

Ce modeste travail est organisé comme suit :

- Le premier chapitre est consacré au rappel de quelques généralités sur les propriétés de l'eau et à la définition des paramètres de qualités des eaux potables (physico-chimiques et bactériologiques).
- Dans le deuxième chapitre, nous allons donner une vue générale sur la zone d'étude et l'organisme d'accueil (Algérienne Des Eaux (ADE)- Bouira).
- Le troisième chapitre traitera le matériel et les méthodes essentiellement consacrés à la démarche pour évaluer les paramètres de différents échantillons d'eau.
- Le quatrième chapitre portera sur la présentation et la discussion des résultats obtenus.
- Enfin, nous tirerons une conclusion générale avec quelques perspectives.

Chapitre 01

Etude bibliographique

1.1. Généralité

Au VI^e siècle avant Jésus-Christ, le philosophe grec Thalès de Milet est le premier à parler de l'eau comme un élément primordial du monde.

Un siècle plus tard, le philosophe Empédocle émet la théorie des quatre éléments – l'eau, l'air, la terre et le feu qui s'attirent et se repoussent pour décrire le monde physique. En 1780 Lord Cavendish après avoir découvert l'élément hydrogène établit que l'eau n'est pas un corps simple mais une substance composée de plusieurs éléments. Puis en 1785, Antoine de Lavoisier démontre que l'eau combine deux substances : l'oxygène et l'hydrogène. Il formule sa définition chimique : H₂O, c'est-à-dire deux atomes d'hydrogène et un atome d'oxygène.

La formule H₂O confirmée par les travaux ultérieurs de Dalton, Gay-Lussac et Avogadro, figure dans tous les manuels scolaires. Cependant la composition de l'eau n'est pas aussi simple car il existe plusieurs isotopes de l'hydrogène (deutérium et tritium), chimiquement identique mais de masse différente. (Bernard, 2006).

Voici deux représentations de la molécule d'eau.

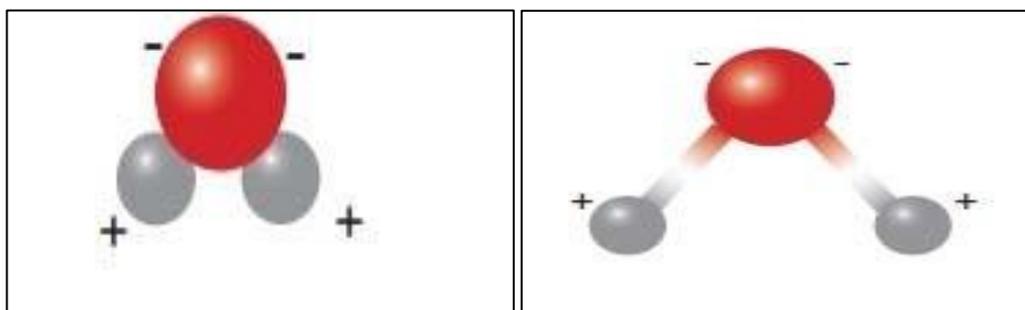


Figure 01 : Molécule d'eau (Anonyme 1).

L'eau est l'un des éléments essentiels à la vie, fortement présent dans l'univers sous forme gazeuse ou solide, c'est sous sa forme liquide qu'il caractérise la terre, « la planète bleue » (Hoffmann *et al.*, 2014).

1.1.1. Définition de l'eau potable

Une eau potable est une eau destinée à la consommation humaine, elle ne doit pas contenir de micro-organismes à l'origine de maladies à transmission hydrique, de substances toxiques, ni de quantités excessives de matière organique et minérale. Elle doit

par ailleurs être limpide incolore et ne possédant aucune saveur ou odeur désagréable (Coulibaly, 2005).

1.1.2. Ressource en eaux potables

L'eau est un élément très important de notre vie de tous les jours, elle est essentielle aussi au fonctionnement de l'écosystème. La plus grande partie des eaux du globe terrestre sont marines (97%). Les eaux douces représentent une partie mineure (Redjem et Rahmouni, 2018).

La moitié de cette eau douce représente l'eau disponible pour l'usage humain avec seulement 0,3% de volume de la planète, soit 4 millions de Km³(Ayad, 2017).

1.1.2.1. Eau de surface

Les eaux de surfaces sont les eaux qui circulent ou qui sont stockées à la surface des continents, elles proviennent soit des nappes souterraines, soit des eaux de ruissellement (fleuve, rivière, barrage, mare, marigot).

Elles sont toujours en mouvement, ces eaux doivent subir de nombreuses étapes de traitement afin de les rendre utilisables pour la boisson et d'autre usage domestique.

De plus pour envisager d'alimenter les populations par les eaux de surface il faut éviter toutes conditions favorisant l'érosion des sols, les conditions non hygiéniques et les pollution accidentelles (Ayad, 2017).

1.1.2.2. Eau souterraine

Les eaux souterraines proviennent de deux sources essentielles : les nappes phréatiques et les nappes profondes.

Les eaux des nappes profondes sont bien protégées des contaminants microbiens car elles sont naturellement filtrées, Par contre elles sont beaucoup plus accessibles aux souillures chimiques telles que les nitrates, les hydrocarbures, les détergents, les pesticides, les métaux, etc (Manceur et Djaballah, 2016).

En dépit de ce danger, les eaux souterraines sont officiellement recommandées depuis près d'un siècle pour l'alimentation en eau potable (collin, 2004).

Les principales différences entre les eaux souterraines et celle de surface sont regroupées dans le **tableau 01**.

Tableau 01. Principales différences entre les eaux de surface et les eaux souterraines
(Bourrier et Selmi, 2011).

Caractéristique	Eaux de surface	Eaux souterraines
Température	Variable suivant les saisons	Relativement constante
Turbidité, MES	Variable, parfois élevée	Faible ou nulle
Couleur	Liée surtout aux MES sauf dans les eaux très douces et acides	Liée surtout aux matières en solutions (acides humiques)
Minéraux globaux	Variables en fonction des terrains, des précipitations	Sensiblement constante en générale nettement plus Elevés que dans les eaux de surface de la même région
Fe ²⁺ et Mn ²⁺	Généralement absents, sauf en profondeur des points d'eaux en état d'eutrophisation	Généralement présents
CO ₂ agressif	Généralement absent	Souvent présent en grande quantité
O ₂ dissous	La plus souvent au voisinage de la saturation.	Absent la plupart du temps
H ₂ S	Généralement présent	Souvent présent
NH ₄ ⁺	Présent seulement dans les eaux polluées	Présent fréquemment sans être un indice systématique De pollution bactérienne
Nitrate, Nitrite, Silice	Peu abondants en générale	Teneur souvent élevée
Micropolluants minéraux et organiques	Présents dans les eaux de pays développées, mais Susceptible de disparaître rapidement après suppression des sources	Généralement absents mais une pollution accidentelle Subsiste beaucoup plus longtemps
Elément vivants	Bactéries (dont certaines pathogènes) virus, plancton (Animal et végétale)	Ferro-bactéries fréquents

1.1.3. Le cycle de l'eau

Le cycle hydrologique externe perpétuel de l'eau douce fonctionne par évaporation, condensation et précipitation, son moteur thermique est le rayonnement solaire. Ce cycle alimente les continents et y maintient la vie et tous les écosystèmes que nous connaissons (Marsily, 2013).

L'eau s'évapore constamment au-dessus des océans, des lacs et des forêts, elle est condensée sous forme de nuages et ensuite transportée dans le ciel par les 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.

L'eau qui ruisselle pénètre dans le sol ou 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. Les eaux souterraines circulent elles aussi, une partie se jetant directement dans la mer et le reste venant alimenter les rivières.

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 (Collin, 2004).

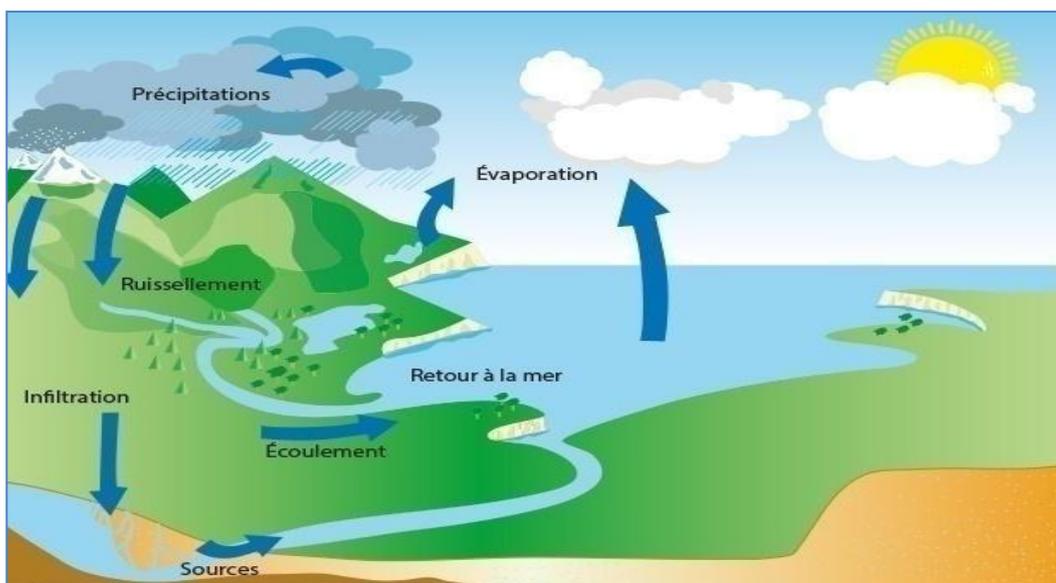


Figure 02 : Cycle de l'eau (Collin, 2004).

1.1.4. Les propriétés de l'eau

La molécule d'eau est une molécule de formule H_2O , sa masse molaire est de 18 g/mol, dont les propriétés particulières, liées à sa nature dipolaire, la formation de liaisons hydrogènes entre les molécules explique que, sous nos conditions de température et de pression, il existe une phase liquide abondante sur notre planète. L'eau participe au cycle hydrologique grâce à ses changements d'état (**Mazzuoli, 2012**).

1.2. Les paramètres de qualités des eaux potables

La qualité de l'eau est une caractéristique de l'eau, qu'elle soit bonne ou mauvaise, elle est à mettre en relation avec son usage.

Selon les normes françaises et européennes, la qualité de l'eau des cours d'eau est définie par un ensemble de paramètres chimiques et biologiques contrôlés par un réseau de surveillance. Parmi eux, on retrouve la mesure de très nombreux polluants et de certains paramètres comme la dureté, la turbidité etc (**Hoffmann et al., 2014**).

1.2.1. Les paramètres physico-chimiques

1.2.1.1. Les principaux paramètres

1.2.1.1.1. La température

Dans les eaux naturelles et au-dessus de $15C^{\circ}$, il y'a risque de croissance accélérée de micro-organismes et d'algues entraînant des odeurs désagréables ainsi qu'une apparition de couleur et de turbidité. De plus, comme la solubilité des gaz diminue quand la température augmente, la teneur en oxygène dissous diminue. Inversement, une eau très froide se prête moins bien aux divers traitements en vue de la rendre potable, ainsi la coagulation-floculation et la chloration pourraient être moins efficaces à basse température et le temps de contact entre l'eau de l'agent coagulant ou désinfectant doit être prolongé (**Tardat-Henry et Beaudry, 1984**).

1.2.1.1.2. La turbidité

C'est le degré de transparence d'un liquide, elle est due à des particules en suspension dans l'eau qui diffusent la lumière, leur origine peut être extrêmement variable : érosion des

roches, entraînement des matières minérales ou organique du sol, déversement d'eaux usées domestiques ou industrielles riches en matières en suspension grossières, les eaux convenablement filtrées et désinfectées ont des turbidités inférieures à 0,5 NTU (**Rodier, 2005**).

1.2.1.1.3. La conductivité électrique

La conductivité électrique traduit la capacité d'une solution aqueuse à conduire le courant électrique, elle est directement proportionnelle à la quantité de solide (les sels minéraux) dissous dans l'eau, ainsi, plus la concentration en solide dissous est importante plus la conductivité sera élevée.

La mesure ne permet pas de déterminer quels sont les ions qui produisent cette conductivité (**Brémaud, 2006**).

1.1.1.4. Le potentiel d'hydrogène

La mesure du pH dans l'eau rend compte de la concentration en ions H_3O^+ , ces ions sont en équilibre avec ceux présents à l'état non dissocié, fixés sur certains composants solides tels que les matières organiques, l'aluminium...ces composés solides, par leur aptitude à fixer des ions H^+ ou OH^- .

Le pH est un mode d'expression de la concentration en ions H^+ d'un liquide, il s'exprime selon une échelle de 0 à 14 (**Baize, 2000**).

Le pH, Normalement neutre peut être parfois acide (une eau est dite agressive si le pH est $< 6,5$) ; une telle eau n'est pas toxique mais peut occasionner de la corrosion dans la tuyauterie. La norme de potabilité d'eau est de 6.4 à 8.5 (**Martineau, 1997**).

1.2.1.1.5. Le taux des sels dissous (TDS)

On parle du TDS ou de la minéralisation totale, il signifie la masse totale des minéraux dissous (anions et cations) et non dissous (la silice) (**Rodier, 2016**).

1.2.1.1.6. La salinité

La salinité de l'eau est principalement composée des ions majeurs suivants : Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , Mg^{+2} et K^+ , des ions qui ont des propriétés conservatrices, étant fort peu réactifs dans leur milieu aquatique. Il existe une deuxième classe d'ions considérés comme non

Conservatifs parce qu'ils sont des éléments chimiques biologiquement réactifs, ce sont les nutriments comme le phosphate et le nitrate (**Lécuyer, 2014**).

1.2.2. Les paramètres de pollutions

1.2.2.1. Ammonium NH_4^+

Désigné sous le terme d'azote ammoniacale, il est assez souvent rencontré dans les eaux superficielles, il peut avoir pour origine naturelle la décomposition des déchets végétaux et animaux, se transformant en milieu aérobie en nitrite puis nitrates par oxydation, il peut diminuer l'efficacité du traitement de désinfection car il se combine avec le chlore. L'élimination de l'ammoniaque pour la production d'eau potable peut se faire par :

- La nitrification biologique ;
- Oxydation par chlore ;
- Résines échangeuses d'ions (**Savary, 2010**).

1.2.3.2. Nitrite NO_2^-

Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante, il est toutefois important de signaler que les eaux en contact avec certains terrains et conduites peuvent contenir des nitrates indépendamment de toute souillure.

Les nitrites pourraient être à l'origine de la formation de composés N-nitrosés dans l'appareil digestif qui sont suspectés d'être toxiques et cancérogènes, ils sont présents à de faible concentration et ne font pas l'objet d'un traitement spécifique l'action des oxydants comme le chlore suffit alors rapidement à les transformer en nitrates (**Savary, 2010**).

1.2.2.3. Phosphate PO_4^{3-}

Les ions PO_4^- sont la forme la plus simple et la plus répandue des phosphates dans l'eau, la plus grande part provient des rejets d'eaux résiduelles et des activités agricoles. Les ions de phosphates appelés aussi les orthophosphates, mesurés en mg/l, leur teneur naturelle dans les eaux superficielles est de l'ordre de 0,1 à 0,2 mg/l (**Commission de Protection des Eaux, 2016**).

1.2.3. Autres paramètres

1.2.3.1. Les matières organiques

La matière organique des eaux naturelles est souvent assimilée en totalité à la matière organique naturelle, bien que certains micropolluants soient présents dans les milieux aquatiques, elle est constituée par des structures macromoléculaires de type polymérique (**Rodier, 2016**).

Elles constituent une source nutritive essentielle pour la prolifération bactérienne, contenue en éléments organiques carbonés, elle est aujourd'hui considérée comme un facteur primordial en matière de qualité microbiologique de l'eau dans le réseau. Ces matières réagissent avec le chlore et affectent le goût et l'odeur (**Celleric, 2001**).

1.2.3.2. Aluminium

L'aluminium est l'un des éléments les plus abondants et les moins solubles dans l'eau, les concentrations de l'aluminium dans l'eau sont généralement contrôlées par la solubilité des composés de l'aluminium : hydroxydes de l'aluminium ou aluminosilicates (**Bernard et Gil, 1987**).

Pour l'eau destinée à la consommation humaine, l'OMS recommande comme valeur limite pour l'aluminium 0,2 mg/l, ce métal ne s'altère pas à l'air en raison de la formation d'une couche protectrice d'alumine (**Rodier, 1996**).

1.2.3.3. Titre alcalimétrique TA, TAC

L'eau contient des hydroxydes et des carbonates. Le titre alcalimétrique (TA), mesure les hydroxydes et la moitié des carbonates. Le titre alcalimétrique complet (TAC) mesure la totalité des hydroxydes et carbonates (**Berné et al., 1991**).

1.2.3.4. Dureté totale (TH)

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques à l'exception de ceux des métaux alcalins et de l'ion hydrogène. Dans la plupart des cas, la dureté est surtout due aux ions calcium et magnésium auxquels s'ajoutent quelque fois les ions fer, aluminium, manganèse, strontium.

La dureté est encore appelée dureté calcique et magnésienne ou consommation de savon. Elle s'exprime en milliéquivalents de concentration en CaCO_3 ou en degré français (F°).

Dans l'eau la dureté totale ou titre hydrotimétrique TH est défini comme la somme des concentrations calciques et magnésiennes. **(Rodier, 2009)**.

1.2.3.5. Calcium (Ca^{2+})

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. C'est l'élément dominant dans les eaux potables et il traduit la dureté de l'eau **(Rodier, 2009)**. Il est en trace dans les eaux de pluie. Les quantités susceptibles d'être ingérées sous forme de boisson sont inférieures aux quantités nécessaires à 0.7 g/jour **(Mizi, 2006)**.

1.2.3.6. Magnésium (Mg^{2+})

C'est un des éléments le plus répandus dans la nature, la plupart de ses sels sont très solubles dans l'eau, il est présent sous forme de carbonate et hydrogénocarbonates.

Le magnésium est indispensable pour la croissance : il intervient comme élément plastique dans l'os et appartient au squelette. A partir d'une concentration de 100mg/l de magnésium donne un goût désagréable à l'eau, la teneur destinée à la consommation humaine est de 30mg/l **(Rodier, 1996)**.

1.2.3.7. Chlorure (Cl^-)

La teneur en chlorures des eaux est extrêmement variée et liée à la nature des terrains traversés, en ce qui concerne les eaux destinées à la consommation humaine la teneur moyenne en chlorures était inférieure à 200mg/l.

Le gros inconvénient des chlorures est la saveur désagréable qu'ils communiquent à l'eau à partir de 250mg/l, surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium. Dans le contrôle des eaux, ce qu'il importe de constater, c'est le taux absolu de chlorures **(Rodier, 1996)**.

1.2.3.8. Fer

Le fer peut se rencontrer dans l'eau sous différentes formes. Dans les conditions habituelles, c'est-à-dire pour un pH variant entre 4.5 et 9, le fer soluble présent est

Généralement à l'état ferreux. Si le milieu est réducteur comme dans beaucoup d'eaux souterraines, le fer ferreux peut atteindre des teneurs élevées.

En l'absence de complexes, le fer ferrique n'est soluble d'une façon significative qu'à des pH inférieurs à 3. Pratiquement, les eaux superficielles n'en contiennent que très peu, rarement plus de 1mg/l. En effet, sous l'action de l'air, ou par addition d'un oxydant, le fer est oxydé à l'état ferrique et peut être hydrolysé pour donner un hydroxyde de fer insoluble, c'est généralement sous cette forme qu'on le trouve dans les échantillons (**Rodier, 2009**).

1.2.3.9. Sulfates (SO_4^{2-})

Les sulfates sont naturellement présents dans les minéraux, leur présence dans l'eau peut provenir des effluents industriels et de dépôts d'origine atmosphérique, mais les concentrations les plus élevées se rencontrent généralement dans les eaux souterraines et sont d'origine naturelle. L'ion sulfate est l'un des ions les moins toxiques. Toutefois, des concentrations élevées peuvent avoir un effet purgatif ou entraîner un traitement de l'eau de boisson du réseau de distribution (**Rodier, 1996**).

1.2.3.10. Chlore

Le chlore est un désinfectant très efficace qui est employé pour tuer toutes les bactéries nocives qui pourraient être présentes dans l'eau.

Avant de présenter la théorie de la désinfection par le chlore, il est utile de définir les expressions suivantes :

- Le chlore résiduel libre c'est le chlore demeurant dans l'eau à la fin d'une période de contact déterminée, et qui peut réagir chimiquement et biologiquement comme acide hypochloreux ou ion hypochlorite.
- Le chlore résiduel combiné c'est une partie du chlore résiduel total dans l'eau à la fin d'une période de contact donnée, qui réagit chimiquement et biologiquement en tant que chloramine.
- La quantité de chlore pouvant être consommée par l'eau pour sa désinfection et pour la destruction des matières organiques varie avec la quantité de chlore ajoutée, le temps de contact et la température (**Desjardins, 1997**).

1.2.3.11. Manganèse (Mn^{+2})

Le nom de manganèse vient de magnésie, parce que le peroxyde de manganèse était autrefois connu sous le nom de manganèse noire.

Le manganèse est très altérable à l'air, à cause de la grande affinité qu'il a pour l'oxygène (**Holfer, 1841**).

Tous les acides, même les plus faibles attaquent le manganèse en déterminant la décomposition de l'eau ; lorsque l'acide est concentré et susceptible de céder de l'oxygène, il est décomposé lui-même et souvent simultanément avec l'eau, il se combine directement avec le chlore, le soufre, le phosphore et l'arsenic il peut s'allier avec la plupart des autres métaux à l'aide de chaleur (**Laboulaye, 1847**).

1.2.3.12. Nitrate (NO_3^-)

Du latin nitrum, c'est des sels formés par la combinaison de l'acide nitrique ou azotique avec les bases, tous ces sels se décomposent par la chaleur en développant des vapeurs rutilantes d'acide hypo-nitrique, quand on les projette sur un charbon incandescent, ils produisent une vive déflagration, et la plupart d'entre eux sont solubles dans l'eau (**Chesnel, 1858**).

Les nitrates sont présents dans la plupart des eaux souterraines et superficielles, les effets des nitrates ne sont pas dangereux pour la santé mais c'est leur transformation en nitrites dans l'organisme qui présente un risque potentiel toxique (**Savary, 2010**).

1.2.3.13. Bicarbonate (HCO_3^-)

C'est un produit entièrement naturel trouvé dans les océans, les cours d'eau et les sols du monde entier, il est non toxique et contient exclusivement du carbonate acide monosodique de formule $NaHCO_3$.

Le bicarbonate de sodium fait partie des substances "tampon" et est en mesure de stabiliser le pH des solutions environ de 8,1 cette caractéristique en fait un produit efficace dans des situations très diverses : pour combattre l'acidité gastrique et lutter contre la corrosion acide dans les canalisations. Lorsqu'une analyse d'eau indique un pH élevé cela peut être un signe d'une teneur élevée des ions de bicarbonate (**Etudier, 2012**).

1.2.2. Paramètres bactériologiques

1.2.2.1. Les microorganismes présents dans l'eau

1.2.2.1.1. Protozoaires

Les protozoaires constituent un groupe très hétérogène d'organismes eucaryotes. Contrairement aux algues, ils ne sont pas photosynthétiques, et sont dépourvus de membrane cellulosique. Ils sont toujours unicellulaires, et mobiles. La plupart vivent en milieu aquatique. Quelques espèces sont parasites de l'homme. A ce titre, il faut citer les amibes, qui peuvent être transmis à l'homme par l'intermédiaire de l'eau d'alimentation, et provoquer des infections épidémiques (**Haslay et Leclerc, 1993**).

1.2.2.1.2. Algues

Les algues sont des organismes photosynthétiques, très abondants sur toute la surface de la terre. Elles colonisent les eaux douces, et marines et constituent le phytoplancton, dans les zones proches de la surface.

La plupart des algues sont unicellulaire et microscopiques, d'autre pluricellulaires, leurs caractères sont typiquement végétaux. La cellule algale contient un noyau, et des organites propres aux eucaryotes. Elle possède une membrane cellulosique. Elle est douée de photosynthèse grâce à un chloroplaste, qui occupe une partie importante du volume cellulaire (**Haslay et Leclerc, 1993**).

1.2.2.1.3. Les mycètes

Ils sont caractérisés par une organisation biologique, nettement distincte de celle des algues et des protozoaires. Dépourvus de pigments chlorophylliens, ils sont incapables d'effectuer la photosynthèse comme les algues. Ils sont des organismes eucaryotes uni-ou pluricellulaires, dépourvus d'organes de locomotion ; ils possèdent une paroi cellulaire composée de cellulose à la chitine. Les mycètes sont constitués par des éléments filamenteux « les phyllies », qui se reproduisent à partir des spores qui se forment à l'extrémité des phyllies (**Haslay et Leclerc, 1993**).

1.2.2.1.4. Virus

Les virus sont des particules formées par l'assemblage complexe de protéines et d'un acide nucléique (ADN ou ARN). Ils sont incapables de se multiplier hors de la cellule infectée : ils utilisent la machinerie cellulaire de cette dernière, ce sont des parasites obligatoires (**Chartier, 1991**).

Les deux voies principales de transmission sont les voies aériennes et l'eau, les virus ne se transmettent pas par l'eau (en dehors des virus de l'hépatite A et E et quelque virus responsable de diarrhées (Entérovirus, Rotavirus), ils ne peuvent se transmettre qu'à partir d'eau souillée non traitée pour la consommation, les autres virus n'ayant pas d'enveloppe ne persistent pas dans l'eau (**Pebret, 2003**).

1.2.2.2. Les microorganismes recherchés dans l'eau

L'examen microbiologique de l'eau est de fournir des informations quant à la potabilité, c'est à dire sans risque d'ingestion de micro-organismes qui causent des maladies, provenant généralement d'une contamination par des matières fécales humaines ou d'autres animaux à sang chaud (**Funasa, 2013**).

Les principaux micro-organismes recherchés dans l'eau sont :

1.2.2.2.1. Coliformes totaux

Les Coliformes totaux sont des bacilles gram négatifs, aérobies ou anaérobies facultatifs, non sporulés, oxydase-négatifs, capables de développer en présence de sels biliaries ou d'agents tensio-actifs qui fermentent le lactose en produisant de l'acide, du gaz et de l'aldéhyde à 37C ° pendant 24-48 heures.

La majorité des bactéries coliformes appartiennent au genre *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* et *Enterobacter* (**Funasa, 2013**).

2.2.2.2.2. Coliformes Fécaux (thermotolérants)

Sous-groupe de bactéries coliformes qui fermentent le lactose à $44,5 \pm 0,2C^{\circ}$ sous 24 heures, dont le principal représentant est la bactérie *Escherichia coli*, d'origine exclusivement fécale (**Funasa, 2013**).

- *Escherichia coli*

Définie comme un bacille, à gram négatif, non sporogène provoquant en moins de 48h la fermentation de lactose avec production d'acide et de gaz aux températures de 37C ° et de 44C° (OMS, 1971), produise l'indole à partir du tryptophane, leur présence dans l'eau témoigne d'une pollution récente par la matière fécale (Hadeff et Hasni, 2017).

1.2.2.2.3. Germe aérobic mésophile totale (GAMT)

L'eau peut être toxique pour les êtres vivants et impropre à l'obtention d'eau potable, par la présence de certain micro-organismes (coliformes, *Escherichia coli*, entérocoque, streptocoque...) (Mazzuoli, 2013).

Parmi les analyses qui sont faites en laboratoire, la recherche des germes aérobies mésophiles qui se développent sur un milieu aérobic sélectif à 22 C° pendant 72 h à 37 C°, c'est la totalité des bactéries capables de former des colonies dans ou sur le milieu de culture spécifique dans les conditions citées, la présence de ces germes témoigne de l'existence d'une contamination fécale (Haslay et Leclerc, 1993).

1.2.2.2.4. Streptococcus fécaux

Dans la famille des Streptococcaceae, bactéries à Gram positif aérobies-anaérobies facultatifs, les streptocoques se distinguent par leur forme coccoïde, leur mode de groupement en paires ou en chaînettes et leur caractère homofermentaire. Dans ce groupe, les streptocoques fécaux se caractérisent par leur appartenance au groupe sérologique D de LANCEFIELD et par le fait que leur habitat normal étant le tube digestif des animaux à sang chaud (Chaden, 2014).

1.2.2.2.5. Clostridium Sulfito- réducteur

Sont des bactéries anaérobies Sulfito-réductrices qui ont la capacité de réduire le sulfite de sodium en sulfure et de sporuler dans les conditions défavorables (la spore bactérienne est une forme de résistance), ils sont parfois utilisés comme des témoins très sensibles de pollution fécale car leur forme spore, beaucoup plus résistante que les formes végétatives des coliformes thermo tolérants ou entérocoques, permettrait de détecter une pollution fécale ancienne ou intermittente (Robert, 1999).

1.3. La pollution de l'eau

1.3.1. Définition de la pollution de l'eau

La pollution de l'eau est une altération des qualités naturelles (physiques et chimiques) d'une eau. C'est à la fois l'action et les processus de dégradation de la qualité de l'eau.

La pollution des eaux souterraines entraîne le risque permanent de limitation de cette ressource dans un proche avenir. Elle résulte essentiellement de l'activité humaine indépendamment de la détérioration naturelle liée aux facteurs géologiques. **(Boucenna, 2009)**.

Les principales manifestations de la pollution des eaux de surface sont de nature chimique ou biologique et peuvent être pathogènes pour l'homme **(Haddou, 2010)**. La plupart des sources d'eau potables contaminées sont la cause de la propagation des grandes épidémies (peste, choléra, typhoïde, etc) **(Khalid, 2007)**.

1.3.2. Les sources de pollutions

Les cours d'eau, les lacs et les nappes souterraines sont pollués à cause des activités humaines et de la modification du milieu physique, les différents contaminants arrivent dans les eaux de surface et souterraine à partir des effluents des stations d'épuration, des effluents des aires d'élevage, des rejets industriels et hospitaliers, des lixiviats, des décharges, des eaux de pluie **(Mazzuoli, 2012)**.

1.3.3. Les types de pollutions

La pollution de l'eau peut être chronique ou accidentelle, localisée ou diffuse. Selon sa nature on distingue :

1.3.3.1. Pollution chimique

Le risque chimique due à la présence de constituant géologique (lessivage des sols) Ou des contaminants issus d'activité humaines telles que les rejet d'effluants par l'industrie et l'utilisation excessive d'engrais dans le domaine agricole **(Dahane, 2015)**.

1.3.3.2. Pollution physique

Elles sont la conséquence du fonctionnement des barrages et la présence de divers obstacles (les plantes mortes par exemple) qui s'opposent à l'écoulement normal de l'eau, les travaux de recalibrage, enrochements et maçonnerie des berges ou encore les extractions de granulats sont également à l'origine de pollution physique.

Les barrages, par exemple perturbent l'écoulement des cours d'eau et modifient brutalement le niveau de l'eau. Des quantités considérables de sédiments s'accumulent dans les retenus des barrages et sont évacuées brutalement au cours des vidanges, la dégradation de ces sédiments et des micro-organismes tués par eux conduit à la formation d'ammoniaque (Collectif, 1999).

1.3.3.3. Pollution microbiologique

Les rejets « digestifs » des animaux ou des hommes peuvent être épandus sur les terrains ou dans les cours d'eau, la dégradation des matières organiques (décomposition des végétaux et des animaux) est aussi une autre source, ils y subissent une épuration naturelle. Mais si ces substances migrent très rapidement vers la ressource en eau, elles peuvent provoquer une pollution microbiologique (Graindorge et Landot, 2014).

1.4. La norme de potabilité

Diverses sources naturelles telles que les eaux souterraines, eaux de surface, ou eau de mer sont à l'origine de l'eau potable. Les normes de l'eau potable sont établies par l'OMS ou par l'UE :

- L'organisation mondiale de la santé (OMS), a instauré quelques lignes directrices concernant la qualité requise pour que l'eau soit dite potable, ces lignes directrices sont les références internationales qui garantissent une eau saine et donc potable, les dernières lignes directrices en date sont celles qui ont été prononcées par l'OMS à Genève 1993.
- Le conseil de l'Union européenne (UE), a élaboré une directive sur la qualité de l'eau requise pour la consommation humaine. Elle fut élaborée en reprenant les paramètres de la directive sur l'eau potable, elle fut mise en application le 3 Novembre 1998. Cette nouvelle directive constitue une base solide aussi bien pour les consommateurs que pour les fabricants d'eau potable (Norme sur l'eau potable. LENNTECH).

Chapitre 02
Présentation d'organisme d'accueil
Et
La zone d'étude

2.1. Présentation de l'organisme d'accueil

2.1.1. Présentation de l'unité d'ADE

L'Algérienne des eaux (ADE) a été créée le 21 avril 2001, elle est sous tutelle du ministère des ressources en eau (**Ministère des Ressources en Eau, 2018**), c'est un établissement public national à caractère industriel et commercial doté de la personnalité morale et l'autonomie financière, les objectifs stratégiques assignés à cet établissement sont :

- D'assurer une meilleure satisfaction des besoins en eaux des usagers.
- D'assurer une gestion plus efficace de la ressource en réduisant les gaspillages divers (fuites) et de redonner à l'eau sa valeur économique. (**Manuel de laboratoire de l'ADE, 2020**).

2.1.2. Unité de Bouira

L'unité de BOUIRA est rattachée structurellement à la zone de TIZI-OUZOU lié directement à l'agence régionale d'ALGER. Elle intervient sur tout le territoire de la wilaya de Bouira par six (6) centres qui sont : BOUIRA centre, LAKHDARIA, SOUR-ELGHOZLANE, BORDJ AKHRIS, AIN BESSAM, M'CHEDALLAH. Ayant la tâche de suivi de qualité et de contrôle des eaux de distribution. Ci-dessous le schéma d'organisation (**Algérienne des eaux**).

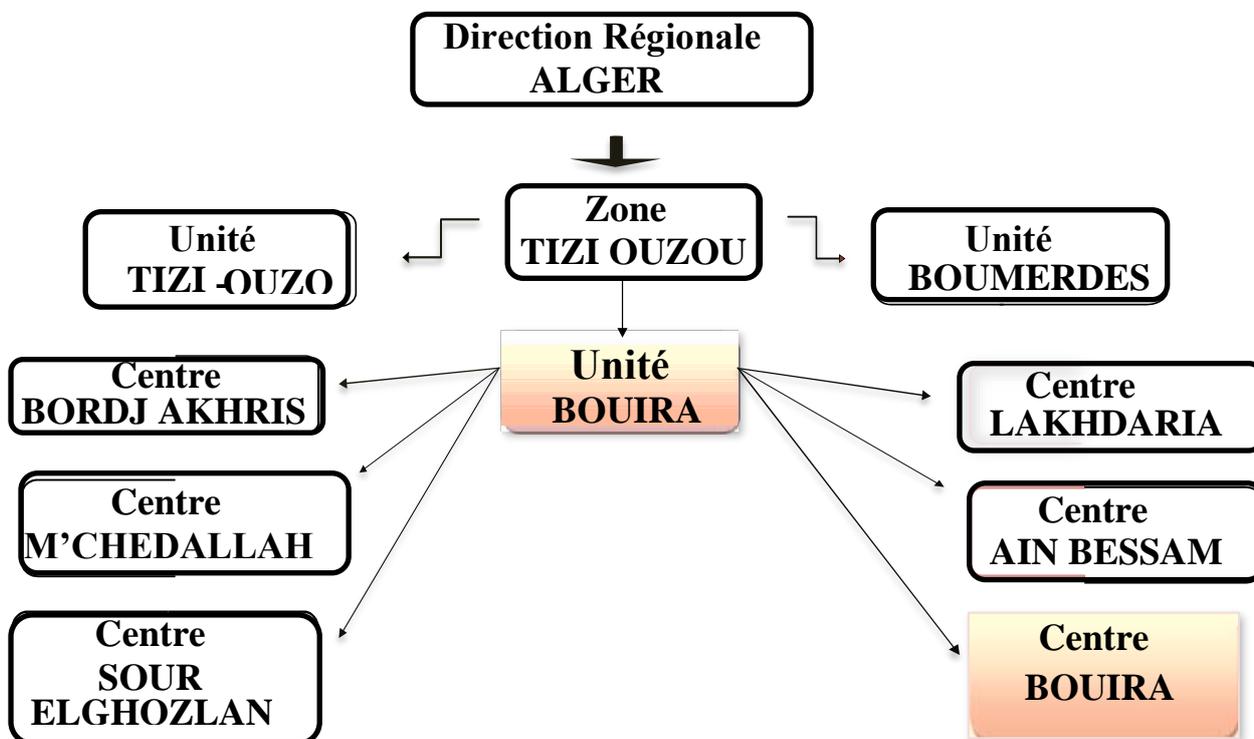


Figure 03 : Organigramme de Organisation de l'ADE

2.1.3. Présentation du laboratoire central

L'unité de Bouira est équipée d'un laboratoire d'analyse qui contrôle la qualité de l'eau distribuée aux abonnés, les eaux des forages, les eaux stockées dans les réservoirs et surtout les eaux de robinets, la collecte des échantillons se fait tous les matins pour l'ensemble des centres relevant de l'ADE de Bouira, avec une moyenne de 50 prélèvements par jours afin d'atteindre l'objectif de 950 prélèvements par mois. Une fois par semaine est réservée pour le contrôle de la désinfection au niveau des stations de pompage et des réservoirs.

Une fois les échantillons prélevés, ils sont acheminés vers le laboratoire d'analyses physico-chimiques et bactériologiques, les tests du chlore sont effectués sur site.

En cas d'une anomalie une équipe d'intervention est mise en place pour établir un diagnostic de la situation et y apporter les solutions adéquates. (**Manuel de laboratoire de l'ADE, 2020**)



Figure 04 : laboratoire centrale de l'ADE

✓ Les différentes structures du laboratoire

Le laboratoire comprend six salles : salle des analyses physico-chimiques, salle de stockage (réactif, milieux de cultures), salle des analyses bactériologiques, salle de lavage et stérilisation salle de préparation et pesées des réactifs, et un bureau du chef de laboratoire (**Manuel de laboratoire de l'ADE, 2020**).

✓ **L'organigramme de laboratoire**

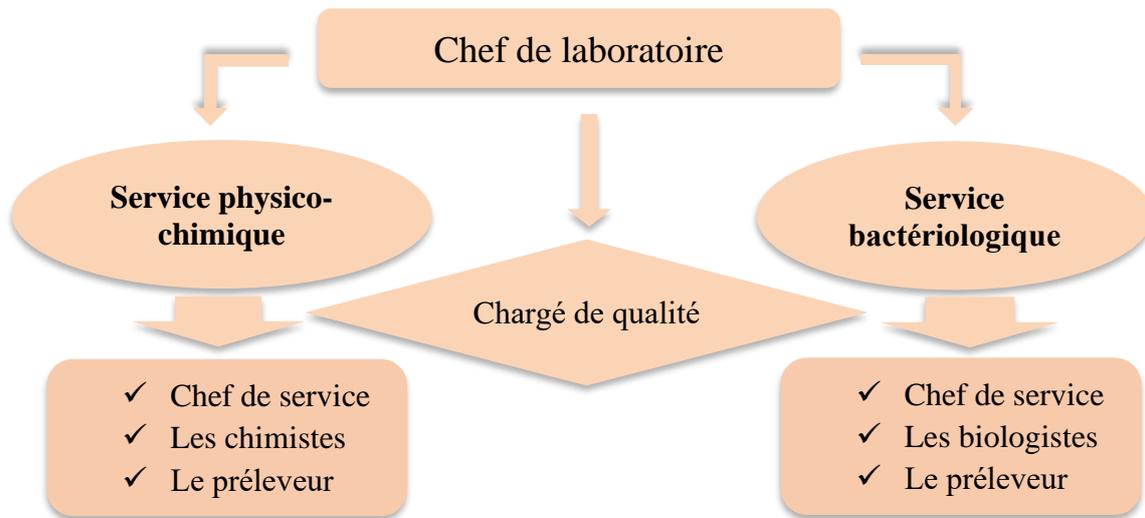


Figure 05 : organigramme de laboratoire (Manuel de laboratoire de l'ADE, 2020).

2.2. Présentation de la zone d'étude

Notre étude cible les trois forages (F11, F8, F2) et le barrage de TILES DIT qui alimentent la ville de Bouira en eau potable.

❖ Définition d'un forage

C'est l'ouvrage moderne le plus répandus pour l'exploitation des eaux souterraines (Collin, 2004).

Situé à une certaine distance horizontale de la verticale passant par le centre de la table de rotation, le trou doit être maintenu dans un cylindre vertical imaginaire de 15 m de diamètre. (Motard, 1973).

❖ Définition d'un barrage

Le barrage est un ouvrage artificiel coupant le lit d'un cours d'eau et servant soit à assurer la régulation, soit à pourvoir à l'alimentation des villes en eau, à l'irrigation des cultures, ou bien à produire l'énergie. Pour la commission internationale des grands barrages (CIGB) un grand barrage a au moins 15m d'hauteur au-dessus des fondations (de longueur, de débit de crues...) (Le Delliou, 2003).

2.2.1. Présentation du forage F11 d'OUADHIA

2.2.1.1. Localisation du forage

Le forage se situe à OUADHIA, Cette zone d'implantation se caractérise par une densité de population très faible. Ce forage est épargné de toute contamination polluante (**Direction de ressource en eau- Bouira, 2020**).

2.2.1.2. Caractéristiques du forage F11

Ce forage est ancien, il a été réalisé entre juillet 1986 et septembre 1986, son débit initial est de l'ordre de 36 l/s, son niveau statique est de 18.8 m et sa profondeur est de 70m.

Cette ressource en eau alimente la région d'Ouadhia et la cité 200 logt (les allemands) (**Direction de ressource en eau- Bouira, 2020**).

2.2.1.3. Description géologique du forage F11

D'après la direction de ressource en eau de Bouira, la répartition géologique du forage f11 d'OUADHIA, sur une profondeur de 70 m est constitué en alternance par :

- ✓ Des couches de calcaires.
- ✓ Argile et gros galets.
- ✓ Argile.
- ✓ Gravier.

Dans des basses profondeurs, on retrouve principalement les argiles. La nature de cette structure géographique est d'une grande importance dans la filtration des eaux souterraines ; et par conséquent dans la qualité de l'eau souterraines.

2.2.2. Présentation du forage F8 de SIDI ZIANE

2.2.2.1. Localisation du forage F8

Le forage se situe à SIDI ZIANE, cette zone se caractérise par une densité de population très faible.

2.2.2.2. Caractéristiques du forage F8

Il a été réalisé entre le 21 mars 1946 et le 29 juin 1946 avec un débit initial d'ordre de 32.3 l/s, son niveau statique est de 2.35 m et sa profondeur est de 48m.

Cette ressource en eau alimente la région de Draa El Bordj (**Direction de ressource en eau – bouira, 2020**).

2.2.2.3. Description géologique du forage F8

La coupe lithologique du forage F8 montre que la répartition géologique est constituée en alternance par :

- ✓ Sable et gravier.
- ✓ Galets.
- ✓ Marne jaune.
- ✓ Poudingue.
- ✓ Marne jaune.
- ✓ Poudingue.
- ✓ Marne jaune.
- ✓ Sable.
- ✓ Marne jaune.
- ✓ Poudingue.
- ✓ Sable poudingue.
- ✓ Marne jaune (**Direction de ressource en eau- Bouira, 2020**).

2.2.3. Présentation du forage F2 d'OULED BELLIL

2.2.3.1. Localisation du forage F2

Ce forage est localisé dans la zone de OULED BELLIL commune de BOUIRA.

2.2.3.2. Caractéristiques du forage F2

Selon les détails fournis par la direction de ressource en eau de Bouira, Le forage F2 a été réalisé à OULED BELLIL dans la période qui varie entre le 02 novembre 1991 Et 07 décembre 1992 avec un débit critique de 20 l/un niveau statistique de 20,80m, un niveau dynamique de 64,65m, et une profondeur de 132 m.

Cette ressource en eau alimente la région d'OULED BELLIL et OULED BOUCHIA.

2.2.3.3. Description géologique du forage F2

La coupe lithologique du forage de OULED BELLIL montre que la répartition géologique est

Constituée en alternance par :

- ✓ Argile légèrement sableuse.
- ✓ Sable fin légèrement argileux, et sable grossier.
- ✓ Sable grossier.
- ✓ Sable moyen à fin.
- ✓ Argile plastique –substratum (**Direction de ressource en eau- bouira, 2020**).

2.2.4. Présentation du Barrage TILES DIT

2.2.4.1. Localisation du Barrage

Selon la direction de ressource en eau –bouira (2020), le barrage TILES DIT est situé à environ 18 km de l'est de la ville de BOUIRA, dans la commune de BECHLOUL, Daira BECHLOUL.

Il chevauche les deux sous bassins d'OUED HOUSSE au nord et d'OUED ZIANE au sud ainsi que les affluents de l'OUED SAHEL, lui-même affluent de l'OUED SOUMMAM.

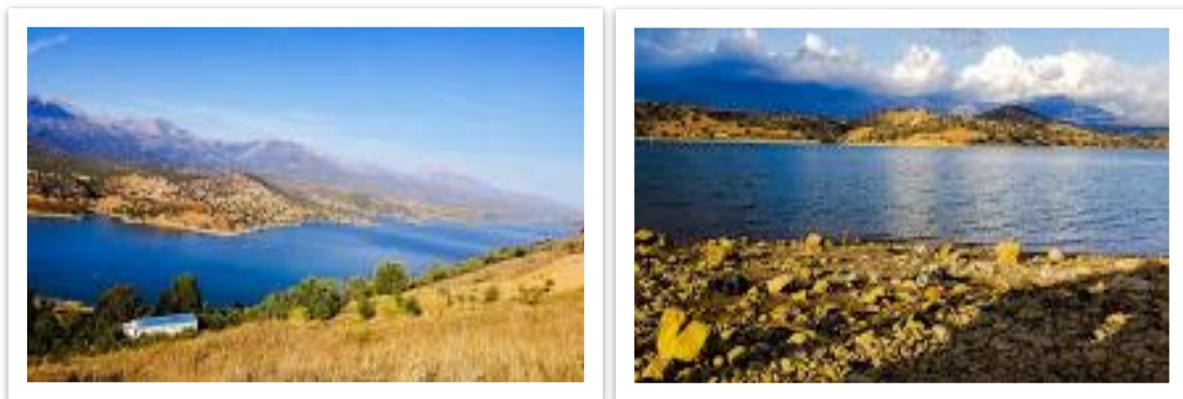


Figure 06 : Barrage TILES DIT (Anonyme 2).

2.2.4.2. Caractéristiques du Barrage

Ce barrage est ancien, il est réalisé en 1996 et mis en eau en 2004, avec une capacité initiale de 164,5 hm³ et une précipitation annuelle moyenne de 655mm/an. Il est doté d'une

cote retenue normale de 454,30m, une surface de bassin versant de 843 km² et d'une surface du plan d'eau de 733,444 Ha.

Il a été réalisé par l'entreprise russe ZARUBEZHVODSTROY après une étude effectuée par le bureau d'étude russe ZARUBEZHVODSTROY.

Le barrage TILES DIT alimente la ville de Bouira et les communes limitrophes par de l'eau potable, il alimente également bordj Bou Arreridj (**Direction de ressource en eau- bouira, 2020**).

❖ **La géologie**

Il s'agit de conglomérat à rouge de sable, de galets, d'argile compacte imperméable.

❖ **Le climat**

Fait partie des climats semi arides qui caractérisent la région méditerranéenne.

❖ **La végétation**

Le barrage est entouré de plusieurs arbres en plus des oliviers, on trouve le pin et le sapin.

Chapitre 03

Matériel et méthodes

3.1. Matériel

Tout matériel utilisé dans cette étude est représenté dans la figure suivante :

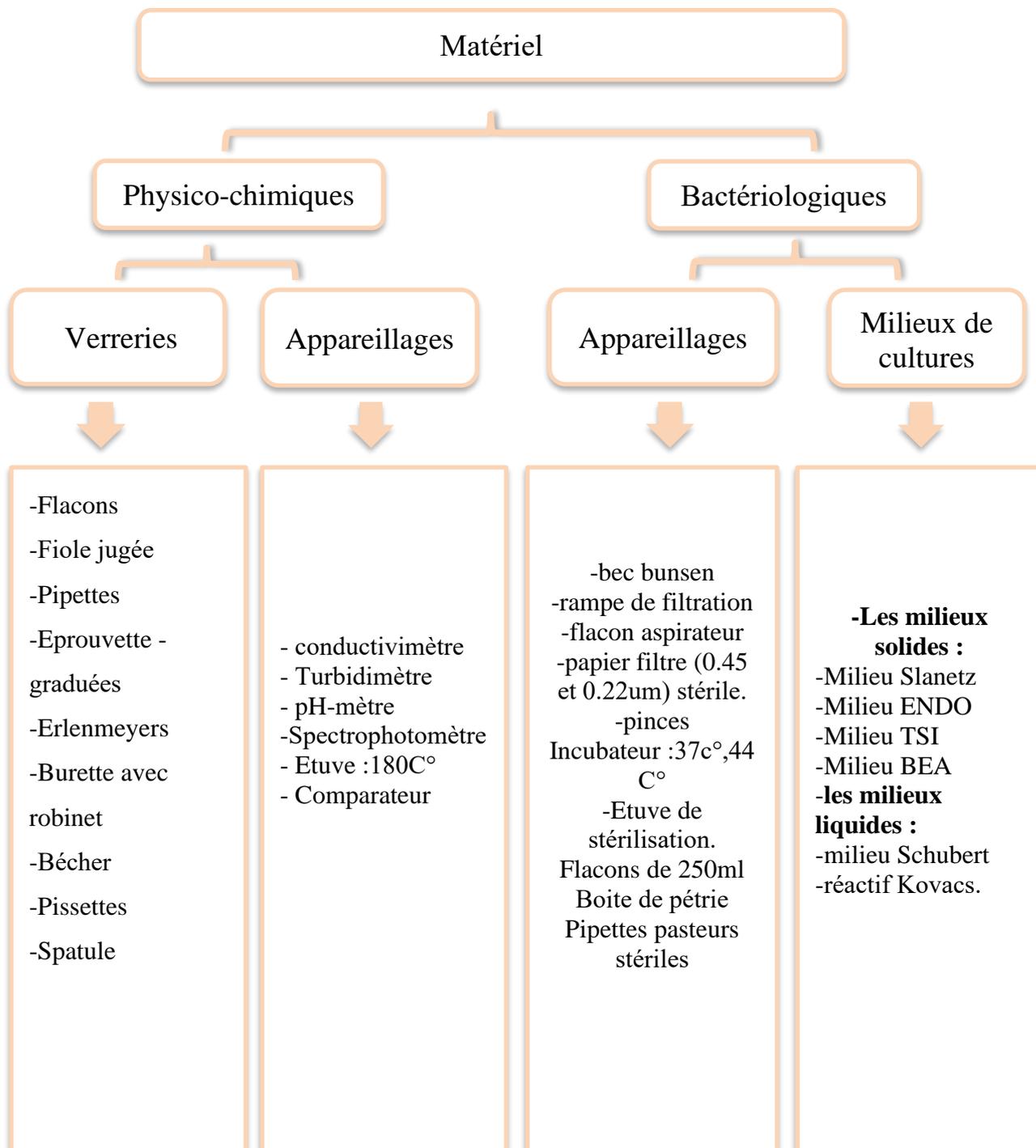


Figure 07 : organigramme du matériel utiliser dans l'étude

3.2. Méthodes d'analyses

3.2.1. Méthodes utilisées pour les analyses physico-chimiques

➤ Échantillonnage

Le prélèvement est l'opération qui consiste à prendre une partie adéquate (représentative) du milieu à étudier, alors que l'échantillonnage consiste à retenir une fraction du prélèvement sur laquelle sera effectuée l'analyse.

Globalement, il est donc nécessaire de mettre en place une organisation structurée, de disposer d'un personnel qualifié, de développer une méthodologie adaptée à chaque cas, de procéder à un choix judicieux de points de prélèvement et d'utiliser le matériel convenable.

Quel que soit la qualité d'eau à analyser, ces résultats ne sont valables que dans les conditions suivantes :

- ✓L'échantillon doit contenir une quantité suffisante pour effectuer toutes les analyses.
- ✓Cet échantillon n'est pas altéré entre le moment du prélèvement et celui de l'analyse.

➤ Mode de prélèvement

Le prélèvement est effectué dans des flacons en verre, ces flacons sont rincés préalablement avec de l'eau distillée. Premièrement il faut ouvrir le robinet et laisser couler l'eau pendant quelques minutes, ensuite faire le test de chlore à l'aide du DPD₁ ou DPD₄ et enfin prendre le flacon et rincer trois fois avec l'eau à analyser, puis remplir jusqu' au bord. **(Manuel de laboratoire de l'ADE).**

➤ Transport et conservation au laboratoire

Les analyses physico-chimiques doivent s'effectuer avant 24 heures après le prélèvement. Le transport des échantillons doit se faire obligatoirement dans une glacière à une température variant entre 4 et 6C° **(Manuel de laboratoire de l'ADE).**

3.2.1.1. Détermination des principaux paramètres

3.2.1.1.1. Mesure du potentiel d'hydrogène (pH)

➤ **Objectif**

Caractériser son influence sur le réseau de distribution (effet de corrosion, l'effet de l'entartrage) et sur la santé humaine.

➤ **Le Principe**

La détermination électro métrique du pH s'effectue par mesure de la différence de potentiel entre une électrode en verre et une électrode de référence plongeant dans une même solution.

➤ **Mode opératoire**

La mesure du pH s'effectue à l'aide d'un pH mètre au niveau du laboratoire, selon le protocole suivant :

1. Prendre environ 100 ml d'eau à analyser dans un petit bécher.
2. Tremper l'électrode du Ph mètre dans le bécher et Lancer la lecture.

Expression des résultats

Les résultats sont obtenus directement à partir de la lecture du pH- Mètre.

3.2.1.1.2. Mesure de conductivité

La conductivité électrique est mesurée grâce à un conductivimètre.

➤ Objectif

Observer la capacité de l'eau à conduire le courant électrique en présence des sels minéraux.

➤ Principe

La conductivité électrique d'une eau est une mesure du courant électrique conduit par les ions présents dans l'eau, elle dépend de la concentration, nature des ions, de la température et la viscosité de la solution, l'unité de la conductivité électrique est le siemens par mètre (s/m) mais elle est généralement exprimée en micro-siemens par centimètre ($\mu\text{s/m}$).

➤ Mode opératoire

1. Prendre environ 100ml d'eau à analyser, dans un bécher.
2. Tremper l'électrode du conductivimètre dans le bécher.
3. Il faut attendre la stabilisation de la lecture avant de prendre la valeur.

Expression des résultats

Le résultat est donné directement par le conductivimètre en $\mu\text{S/cm}$.

3.2.1.1.3. Mesure de la température (T°)

➤ Objectif

La température a une grande importance dans l'étude et la surveillance des eaux souterraines ou superficielles.

➤ **Principe**

La détermination de la température est relevée directement à l'aide d'un thermomètre digital intégré au conductivimètre, elle est exprimée en C°.

➤ **Mode opératoire**

1. Plonger la sonde munie d'un thermomètre dans un bécher qui contient l'échantillon à analyser.
2. Laisser le conductivimètre se stabiliser puis lire la valeur affichée sur le conductivimètre.

Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en C°.

3.2.1.1.4. Mesure de la Teneur en Sel Dissous TDS

La TDS est mesuré par un conductivimètre, donc elle suit le même mode opératoire que celui de la mesure de la conductivité, mais pour afficher sa valeur il suffit de régler l'appareil sur sa mesure et cela en cliquant sur le bouton TDS, ce dernier s'affiche directement sur l'écran.

Expression des résultats

Les résultats sont exprimés par mg/l.

3.2.1.1.5. Mesure de la Salinité

La salinité de même que la TDS, sont mesuré avec le conductivimètre, par un simple clic sur le bouton 'sal', et la valeur s'affiche sur l'écran.

Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en %.

3.2.1.1.6. Mesure de la Turbidité

➤ Objectif

Pour identifier la présence des matières en suspension dans l'eau.

➤ Principe

La turbidité d'une eau est causée par des matières non dissoutes (limon, argile, algue, grain de silice, etc), celles-ci atténuant la radiation incidente, les particules insolubles diffusent cette radiation de façon inégale, l'appareil employé fonctionne sur le principe de la mesure diffusée. La turbidité est la réduction de la transparence d'un liquide dû à la présence de matière non dissoute.

➤ Mode opératoire

La mesure de la Turbidité s'effectue par un protocole bien défini et à l'aide d'un turbidimètre HACH2100N.

1. Agiter l'échantillon de façon à éviter la formation des bulles d'air pour pouvoir détecter toutes les MES présentes.
2. Remplir la cuvette en verre incolore de 50mm de diamètre avec l'eau à analyser et bien la fermer.
3. Placer la cuvette dans le turbidimètre.
4. Noter la première valeur qui s'affiche sur l'écran.

Expression des résultats

La mesure est obtenue directement en NTU.

3.2.1.2. Détermination des paramètres de pollution

La concentration des paramètres de pollution est mesurée avec un spectrophotomètre.

3.2.1.2.1. Dosages des nitrites (NO_2^-)

➤ **Objectif**

Savoir si l'eau analysée est polluée par les produits azotés ou non.

➤ **Principe**

Les ions nitrites réagissent en milieu acide ($\text{pH}=1,9$) avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide ($\text{NH}_2 \text{C}_6 \text{H}_4 \text{SO}_2 \text{NH}_2$) en présence d'acide orthophosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le dichlorhydrate de N-(naphthyle-1) diaïmio-1,2 éthane ($\text{C}_{12} \text{H}_{16} \text{C}_{12} \text{N}_2$), celui-ci est mesuré spectrophotométriquement.

➤ **Mode opératoire**

1. Verser 40 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée de 50ml.
2. Ajouter 1 ml de réactif d'azote nitreux d' NO_2^- .
3. Bien agiter pour homogénéiser la solution.
4. Compléter à 50 ml et Attendre 15 à 20 min.
5. Effectuer la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde 540 nm.

Expression des résultats

Le résultat est exprimé en mg /l.

Pour obtenir la teneur en nitrite NO_2^- multiplication du résultat donné par le spectrophotomètre par 3,28



Figure 08 : Dosage de Nitrite (NO_2^-).

3.2.1.2.2. Dosage de phosphate (PO_4^{3-})

➤ Objectif

Rechercher le phosphate dans l'eau parce que sa présence dans l'eau atteste que la source de pollution est à cause des détergents.

➤ Principe

Formation en milieu acide d'un complexe avec molybdate d'ammonium et le tartrate doublée d'antimoine et de potassium, réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption.

➤ Mode opératoire

1. Verser 40 ml d'eau à analyser dans une fiole à jauge de 50ml.
2. Ajouter 1 ml d'acide ascorbique.
3. Ajouter 2 ml de la solution de molybdate.
4. Compléter jusqu' à 50 ml avec de l'eau distillée.
5. Après 10 à 30 minutes Effectuer les lectures au spectrophotomètre.

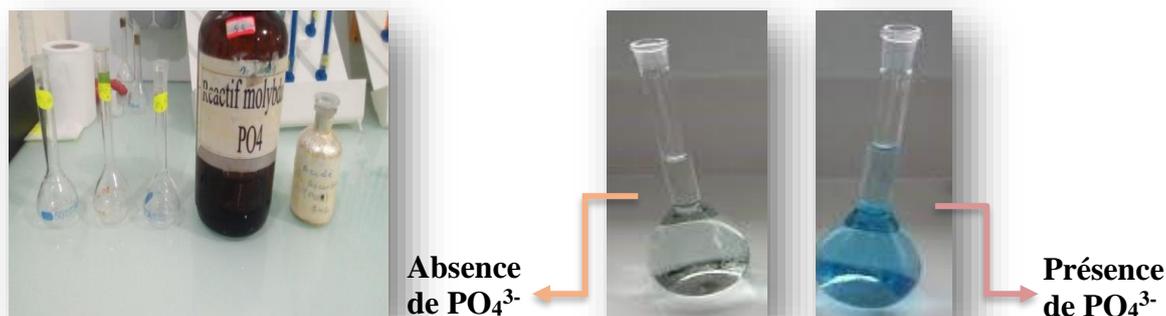


Figure 09 : Dosage de phosphate PO_4^{3-}

Expression des résultats

Le résultat est exprimé en mg /l.

Pour obtenir la teneur en ortho phosphates PO_4^{3-} , multiple le résultat par 3,09.

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

➤ Objectif

Examiner la pollution de l'eau par les eaux usées ou par les engrais.

➤ Principe

L'ammonium réagit avec les ions hypochlorite (qui sont générés par hydrolyse alcaline du sel de sodium du dichloroisocyanurate de sodium) pour former des chloramines qui vont réagir par la suite avec le salicylate de sodium à pH 12,6 en présence de Nitrosé-penta-cyanoferrite III pour former un composé bleu, du citrate de sodium est incorporé aux réactifs pour masquer l'interférence des cations, notamment le calcium et le magnésium.

Le composé vert est dosé spectrophotométriquement

L'application de cette méthode aux eaux très chlorées ou salées nécessite une distillation préalable.

➤ **Mode opératoire**

1. Verser 40ml de l'échantillon à analyser dans une fiole jaugée de 50 ml.
2. Ajouter 4 ml du réactif coloré et homogénéiser.
3. Ajouter 4 ml de la solution de dichloroisocyanurate de Na et homogénéiser.
4. Compléter jusqu' à 50 ml d'eau distillée.
5. Après au moins 1 heure effectuer la lecture au spectrophotomètre.

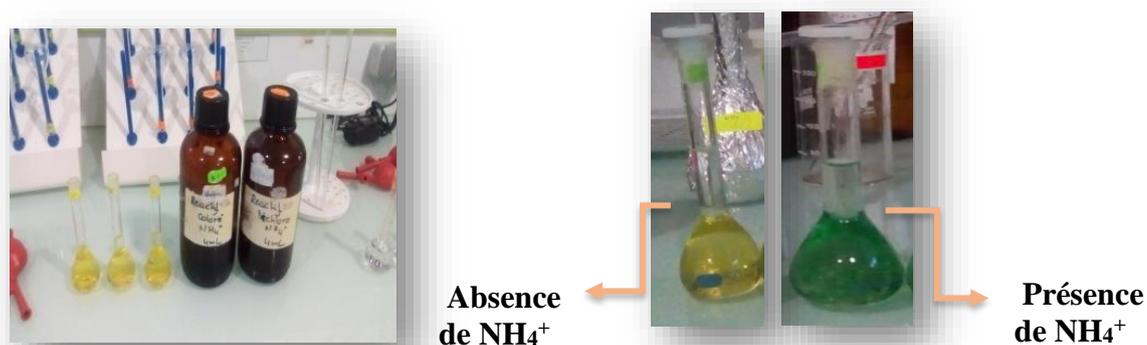


Figure 10 : Dosage d'ammonium (NH_4^+).

Expression des résultats

Le résultat est exprimé en mg /l.

Pour obtenir la teneur en NH_4^+ on multiplie la valeur donnée par spectrophotomètre par 1,28.

3.2.1.3. Détermination des paramètres titrimétriques

3.2.1.3.1. Dosage de Calcium Ca^{2+}

➤ **Objectif**

Connaitre la concentration de Ca^{2+} dans l'eau.

➤ **Principe**

Le calcium est dosé avec une solution aqueuse d'EDTA (éthylène diamine tétra acétyle) à pH compris entre 12-13.

Ce dosage se fait en présence de MUREXIDE, l'E.D.T.A réagi tout d'abord avec les ions de calcium libres, puis avec les ions calcium combinés avec l'indicateur, la couleur rouge vire à la couleur violette.

➤ **Mode opératoire**

1. Dans un bécher verser 25 ml d'eau à analyser avec 25 ml d'eau distillé.
2. Verser le volume total dans un erlenmeyer de 250ml.
3. Ajouter 2ml de la solution d'hydroxyde de sodium NaOH.
4. Ajouter le Murexide ($C_9H_8N_6O_6$).
5. Mélanger puis Titrer avec l'E.D.T. A ($C_{10}H_{14}N_2O_9 \cdot 2H_2O$), jusqu'au virage à la couleur violette.
6. Noter le volume (V_{eq}) qui correspond au changement de couleur.



Appareil de titrage



Avant titrage



Après titrage

Figure 11 : titrage de calcium Ca^{2+}

Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en mg/l, ils sont calculés avec la formule suivante :

$$[Ca^{2+}] = F \times FD \times V_{eq} \rightarrow [Ca^{2+}] = 8 \times 2 \times V_{eq}$$

V_{eq} : le volume de l'EDTA nécessaire pour la détermination de la concentration de Ca^{2+}

F : facteur de correction du titre d'EDTA (F=8)

FD : facteur de dilution

3.2.1.3.2. Détermination de la dureté totale (TH)

➤ Objectif

Dosage de la somme de calcium et magnésium pour déterminer si l'eau est dure ou moyennement dure.

➤ Principe

Les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} sont titrés par complexométrie avec une solution de l'EDTA à un pH de 10, le mordant noir est utilisé comme indicateur qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence de ces ions.

L'EDTA réagit avec les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} libres puis au point d'équivalence, avec les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} .

➤ Mode opératoire

1. Dans un bécher gradué verser 25 ml d'eau à analyser et 25 ml d'eau distillée.
2. Verser le volume total dans un erlenmeyer de 250ml.
3. Ajouter 4ml de la solution tampon.
4. Ajouter le Noir Ériochrome, on obtient alors une coloration rouge foncé violet.
5. Commencer le titrage avec l'E.D.T. A jusqu'au virage au bleu.
6. Noter le volume (V_{eq}) qui correspond au changement de couleur.

Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en mg/l, ils sont calculés avec la formule suivante :

$$[\text{TH}] = F \times F_D \times V_{\text{eq}} \longrightarrow [\text{TH}] = 20 \times 2 \times V_{\text{eq}}$$

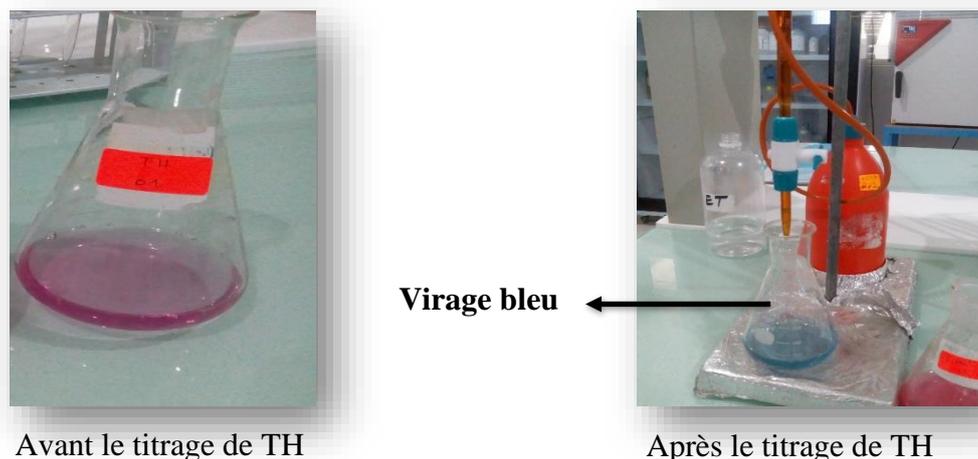


Figure 12 : titrage de TH

3.2.1.3.3. Détermination du titre alcalimétrique complet TAC

➤ Objectif

Pour avoir l'alcalinité de l'eau en présence d'hydrogencarbonates et de carbonate et d'hydroxydes.

➤ Principe

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence des hydrogencarbonates, carbonate et hydroxydes.

Le titre alcalimétrique complet ou TAC correspond à la teneur en alcalis libres, carbonates et hydrogencarbonates (HCO_3^- , CO_3^- , OH^-).

➤ Mode opératoire

1. Dans un bécher gradué verser 50 ml d'eau à analyser et 50 ml d'eau distillée.
2. Verser le volume total dans un erlenmeyer de 250ml.
3. Ajouter 2 gouttes de la solution de méthylorange pour obtenir une coloration jaune.
4. Commencer à titrer avec la solution HCl jusqu'au virage au jaune orangé.
5. Noter le volume (V_{eq}) qui correspond au changement de couleur.



Avant le titrage de TAC



Après le titrage de TAC

Figure 13 : titrage de TAC**Expression des résultats**

Les résultats sont exprimés en mg/l, ils sont calculés avec la formule suivante :

$$[\text{TAC}] = F \times [(\text{FD} \times \text{Veq}) - 0.5] \rightarrow [\text{TAC}] = 10 \times [(2 \times \text{Veq}) - 0.5]$$

3.2.1.3.4. Dosage des chlorures Cl⁻**➤ Objectif**

Le but de cette analyse est de connaître la teneur en ions chlorures présents dans l'eau.

➤ Principe

Les ions chlorures réagissent avec les ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui précipite quantitativement, l'addition d'un petit excès d'ions argent induit la formation de chromate d'argent brun-rouge avec des ions chromate qui ont été ajoutée comme indicateur.

Cette réaction est utilisée pour indication du virage de couleur, durant le titrage, le pH est maintenu entre 5 et 9,5 afin de permettre la précipitation.

➤ **Mode opératoire**

1. Dans un bécher gradué verser 50 ml d'eau à analyser et 50 ml d'eau distillée.
2. Verser le volume total dans un erlenmeyer de 250ml.
3. Ajouter 1 ml de chromate de potassium K_2CrO_4 (coloration jaunâtre).
4. Commencer à titrer avec la solution de Nitrate d'Argent ($AgNO_3$) jusqu'au virage brun-rougeâtre. Puis Noter le volume (V_{eq}) qui correspond au changement de couleur.

Préparer un essai à blanc composé de 100ml d'eau distillée dans un erlenmeyer de 250ml pour l'utiliser comme référence pour le calcul de la concentration de Cl^-



Blanc de Cl^-

Solution de Cl^- à titrer



Virage de couleur

Figure 14 : titrage de Cl^-

Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en mg/l, ils sont calculés avec la formule suivante :

$$[Cl^-] = F \times [(FD \times V_{eq}) - VBL] \rightarrow [Cl^-] = 7.1 \times [(2 \times V_{eq}) - VBL]$$

3.2.1.3.5. Détermination du Magnésium Mg^{2+}

La concentration de magnésium Mg^{2+} est directement déduite et exprimé en mg/l, elle est calculée par la formule suivante :

$$[Mg^{2+}] = F \times [FD \times (V_{TH} - V_{ca^{2+}})]$$



$$[Mg^{2+}] = 4.8 \times [2 \times (V_{TH} - V_{ca^{2+}})]$$

3.2.1.3.6. Détermination du Bicarbonate HCO_3^-

La concentration du bicarbonate HCO_3^- est directement déduite et exprimé en mg/l, elle est calculée par la formule suivante :

$$[HCO_3^-] = F \times [TAC]$$



$$[HCO_3^-] = 1.22 \times [TAC]$$

3.2.1.4. Détermination des paramètres colorimétriques

3.2.1.4.1. Dosage du fer

➤ Objectif

Chercher la pollution dans les eaux de distribution.

➤ Principe

Addition d'une solution de phénanthroline-1,10 a un échantillon d'eau et mesure photométrique du complexe rouge à une longueur d'onde d'environ 510 nm.

Pour le dosage du fer total et du fer total dissous, du chlorhydrate d'hydroxylamine est ajouté pour réduire le fer III et fer II.

Si du fer non dissous, des oxydes de fer ou des complexes du fer sont présents un prétraitement est nécessaire pour mettre ces composés en solution.

Le complexe fer II –phénanthroline-1.10 est stable dans l'intervalle de pH de 2,5 à 9 et l'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de fer II présent, la relation

entre la concentration et l'absorbance est linéaire jusqu'à une concentration de 5 mg de fer par litre, le maximum d'absorbance se situe à environ 510 nm.

➤ **Mode opératoire**

1. Verser 50ml de l'échantillon à analyser dans une capsule en verre.
2. Ajouter 1ml d'acide sulfurique (H₂SO₄).
3. Ajouter 1ml de chlorhydrate d'hydroxylamine.
4. Verser le tout dans une fiole jaugée 100ml, et mélanger bien la solution.
5. Ajouter 2ml de solution tampon acétate et 2ml de la solution phénantroline.
6. Conserver à l'obscurité pendant 15min.
7. Effectuer les lectures au spectrophotomètre.

Préparer un essai à blanc pour l'utiliser comme référence.

Expression des résultats

Les résultats s'affichent sur l'écran du spectrophotomètre (absorbance), ils sont exprimés en mg/l.

3.2.1.4.2. Dosage du sulfate SO₄²⁻

➤ **Objectif**

La mesure du sulfate s'effectue car sa présence indique la présence d'effluents et de dépôts industriels.

➤ **Principe**

Les sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique à l'état de sulfate de baryum. Le précipité ainsi obtenu est stabilisé à l'aide d'une solution de Tween 20 ou de polyvinyle-pyrrolidone, les suspensions homogènes sont mesurées au spectrophotomètre à $\lambda = 650$ nm.

➤ **Mode opératoire**

1. Verser 50ml de l'échantillon à analyser dans une fiole jaugée de 100ml.
2. Ajouter 1ml acide chlorhydrique d'HCl puis 5ml de la solution chlorure de baryum (BaCl₂).
3. Agiter énergiquement deux à trois fois et laisser reposer pendant 15min, ensuite agiter à nouveau, et de même pour l'essai à blanc.
4. Effectuer la lecture au spectrophotomètre en commençant par l'essai à blanc.

Expression des résultats

Ils sont exprimés en mg/l pour obtenir les résultats finaux multiplier la valeur qui s'affiche sur l'écran du spectrophotomètre par FD (×3).

3.2.1.4.3. Dosage du nitrate (NO₃⁻)

➤ **Objectif**

On mesure les nitrates car leur présence dans l'eau atteste que la source de pollution est organique.

➤ **Principe**

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium, coloré en jaune qui est dosé spectrophotométriquement à la longueur d'onde $\lambda=415$ nm.

Pour le dosage de nitrate, il est nécessaire de n'utiliser qu'une solution limpide, les échantillons turbides doivent être filtrés sur membrane 0,45 μ m.

➤ **Mode opératoire**

1. Prendre 10 ml d'eau à analyser.
2. Alcaliniser faiblement avec la solution NaOH.
3. Ajouter 0,5 ml de la solution azoture de sodium NaN_3 .
4. Ajouter 0,2 ml d'acide acétique.
5. Attendre 5 minutes puis évaporer à sec au bain marie ou dans une étuve portée à 75-80°C.
6. Ajouter 1 ml de solution de salicylate de sodium, mélanger puis évaporer encore une fois, laisser refroidir.
7. Reprendre le résidu par 1 ml d'acide sulfurique concentré en prenant soin de l'humecter complètement, attendre 10 minutes.
8. Ajouter 15 ml d'eau distillée.
9. Ajouter 10 ml de solution de l'hydroxyde de sodium NaOH qui développe la couleur jaune.
10. Laisser reposer pendant au moins 15 minutes.
11. Effectuer les mêmes étapes pour l'essai à blanc.
12. Effectuer la lecture au spectrophotomètre (commencer la lecture par l'essai à blanc).

3.2.1.5. Teste du chlore

➤ **L'objectif**

Le test du chlore est effectué sur site afin de tester l'efficacité de la désinfection.

➤ **Le principe**

La détermination de la concentration du chlore résiduel (libre et combiné) dans l'eau en mg/l par la méthode comparative.

➤ **Mode opératoire**

1. Ouvrir le robinet et laisser couler l'eau pendant quelques minutes.
2. Prendre un tube à essai et le rincer avec l'eau à examiner.
3. Remplir le tube par l'eau à examiner.

4. Ajouter au tube une capsule de DPD (la coloration en rose signifie la présence de chlore).
5. Placer le tube dans le colorimètre (comparateur).
6. Estimer la concentration du chlore selon le degré de coloration (chaque couleur correspond à une certaine concentration).



Figure 15 : comparateur



Figure 16 : capsule de DPD

3.2.2. Méthodes utilisées pour les analyses bactériologiques

➤ Prélèvement

Un bon résultat ne peut être prononcé que si les échantillons ont été correctement prélevés.

Les modes opératoires du prélèvement varient suivant la source d'eau, dans le cas des eaux distribuées par canalisation, le prélèvement se fait à partir d'un robinet selon le protocole suivant :

- Se laver soigneusement les mains et les avant-bras, les rincer à l'alcool, laisser sécher.
- Ouvrir le robinet et laisser couler 2 minutes.
- Fermer le robinet.
- On prend une 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 de manière non complète, laisser O₂ pour ne pas faire

- Suffoquer les germes. Flamber une deuxième fois le goulot et bien fermer, renvelopper le bouchon de papier aluminium.
- Etiqueter le prélèvement et inscrire sur un cahier.

➤ **Transport et conservation au laboratoire**

Les analyses bactériologiques doivent s'effectuer avant 8 heures après le prélèvement. Les prélèvements doivent être transportés dans des glacières dont la température est comprise entre 4 et 6°C. (**Manuel de laboratoire de l'ADE**).

➤ **Techniques d'analyses bactériologiques**

Les analyses bactériologiques qui ont été effectuées au niveau du laboratoire de l'A.D.E de Bouira, consistent à rechercher :

- a) Les Coliformes totaux et fécaux.
- b) Les Streptocoques fécaux.
- c) Les germes totaux.
- d) Clostridium sulfito- réducteur.

3.2.2.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux

La recherche et le dénombrement des coliformes peuvent se faire selon deux méthodes de choix

- a) Soit en milieu liquide sur BCPL par la technique du NPP (Dans le cas de l'eau brute).
- b) Soit par filtration sur membrane à 0,45m en milieu solide (dans le cas de l'eau traitée ou l'eau de consommation).

Dans notre étude on a choisi la deuxième méthode, pour la recherche des coliformes.

➤ **Méthode de la membrane filtrante**

Consiste à filtrer un volume déterminé d'échantillon d'eau à travers une membrane faite d'esters cellulosiques ou de certaines autres substances, toutes les bactéries sont retenues à la surface de la membrane, on la place ensuite face vers le haut sur des milieux adéquats et on l'incube aux températures appropriées.

➤ **Mode opératoire**

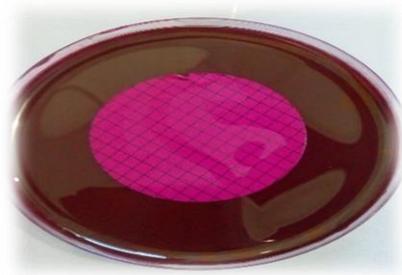
a) Test présomptif

1. Flamber la surface supérieure de la rampe de filtration ainsi que la plaque poreuse (en ouvrant le robinet pour aspirer la flamme) et le réservoir.
2. Refroidir la rampe par l'eau à analyser (prendre 50ml).
3. Une fois la rampe refroidie ouvrir le robinet pour laisser l'eau s'écouler.
4. Poser la membrane sur la plaque poreuse de la rampe de filtration.
5. Agiter soigneusement le flacon d'eau à analyser.
6. Verser stérilement la quantité d'eau désirée (100ml).
7. Ouvrir le robinet pour laisser l'eau s'écouler.
8. Dès que la membrane paraît sèche enlever le réservoir et prélever la membrane avec une pince stérile en la saisissant par son extrême bord.
9. Déposer la membrane sur le milieu sélectif (ENDO) en prêtant attention de ne pas piéger de bulle d'air.
10. Incuber la boîte de pétri à 37°C pendant 24h, de façon à ce que le couvercle soit vers le bas.

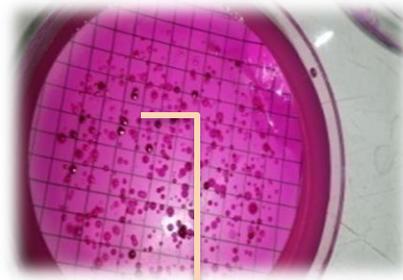


Figure 17 : les étapes d'analyse bactériologique des Coliformes totaux (test présomptif en Milieu ENDO).

La lecture se fait après 24 heures d'incubation, toutes les colonies suspectes lactose positives sont comptées puis repiquées sur le milieu TSI pour confirmer l'utilisation de gaz, caractère principal des coliformes.



Absence des coliformes

Présence des coliformes
(Colonie rouge)

b) Test confirmatif

Le test confirmatif s'effectue sur milieu TSI comme suit :

1. Isoler la colonie à l'aide d'une pipette paster, et l'inoculer à la fois en stries à la surface de l'agar (plan incliné) et par piqure centrale sur toute la profondeur du tube.
2. Flamber encore une fois la pipette et la jeter dans un collecteur.
3. Incuber le tube à 37°C pendant 48 heures.



Figure 18 : Les étapes de recherche des Coliformes totaux (test confirmatif en Milieu TSI).

Les tubes présentant un virage au jaune + production de gaz sont considérés comme étant positifs c'est-à-dire présence de coliforme totaux.

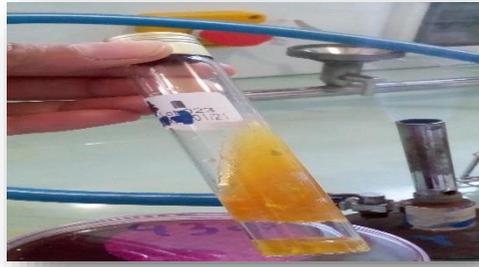


Figure 19 : exemple d'un résultat positif de milieu TSI

- **Expression des résultats**

Le résultat est donné en nombre de germes par 100ml.

3.2.2.2. Recherche et dénombrement des coliformes fécaux

Le recherche des coliformes fécaux se déroule comme suit :

1. Inoculer le contenu de chaque tube positif dans un tube de Schubert en versant le contenu de ce dernier dans le tube de TSI puis renverser l'inoculum dans le tube de Schubert,
2. Agiter jusqu'à s'assurer du remplissage de la cloche.
3. Enfin incuber à 44°C pendant 24 heures.



Figure 20 : l'analyse de la recherche des Coliformes Fécaux (Milieu Schubert).

Après 24 heures d'incubation, tous les tubes présentant une culture du gaz dans la cloche et un trouble sont considéré comme positifs, c'est-à-dire comme contenant des coliformes fécaux.

3.2.2.3. Recherche et dénombrement d'*Escherichia coli*

Pour les tubes de Schubert qui présentent des résultats positifs, ajouter trois gouttes de Kovacs, s'il y'a apparence d'un anneau rouge en surface, ceci implique la présence d'*E.coli*.

- ✓ Le résultat est donné en nombre de germes par 100ml.

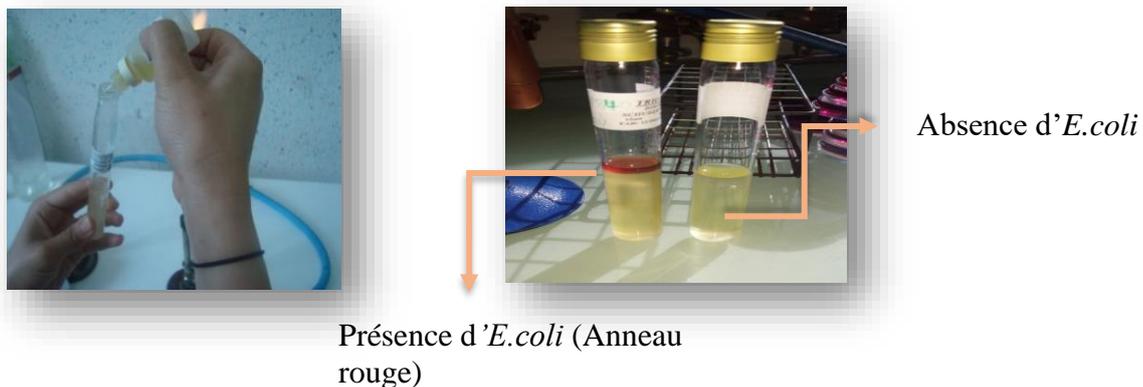


Figure 21 : exemple d'un résultat de présence d'*E. coli*.

3.2.2.4. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

➤ Test présumptif

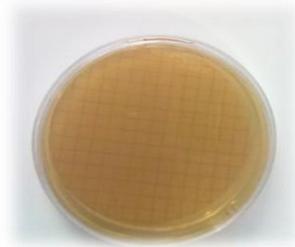
La recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux se faire par la même méthode utilisée pour la recherche des coliformes (Méthode de la membrane filtrante), sauf que le milieu utilisé est celui de Slanetz avec une durée d'incubation de 48h à 37C°.

Après 48h d'incubation s'il y'a l'apparition de colonies roses ou marrons ou jaunes avec un diamètre de 0,5 à 2 mm elles représentent des streptocoques fécaux. Ceci nécessite un test confirmatif.

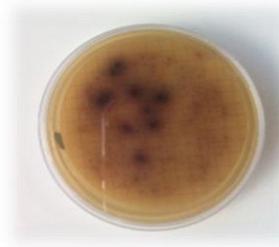
➤ **Test confirmatif**

Pour la confirmation, il suffit juste de transférer la membrane sur le milieu BEA, puis incuber à 44°C. La lecture se fait après 2 à 3 heures.

- ✓ La présence de noircissement implique la présence des streptocoques fécaux.
- ✓ Toutes ces colonies sont comptées et exprimées en nombre de germes par 100ml.



Absence de streptocoque



Présence de streptocoques
(Noircissement)

Figure 22 : exemple d'analyse sur les streptocoques.

3.2.2.5. Recherche et dénombrement des germes totaux

La recherche et le dénombrement des germes totaux se réalisent à deux températures différentes afin de cibler à la fois les micro-organismes à tendance psychrophiles soit à 22°C° et ceux franchement mésophiles soit 37°C°, Par un protocole bien déterminer :

1. Prendre 2 boites de Pétri stériles, verser dans chacune 1 ml d'eau à analyser.
2. Compléter ensuite chacune des boites avec environ 20 ml de gélose TGEA fondue, puis refroidie à 45±1C°.
3. Faire des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose.
4. Laisser solidifier sur paillasse.
5. Une fois solidifiées, rajouter une deuxième couche d'environ 5 ml de la même gélose (Cette double couche a un rôle protecteur contre les contaminations diverses).
6. Incuber la première boite couvercle en bas à 37°C pendant 48H.
7. Incuber la deuxième boite couvercle en bas à 22°C pendant 72H.



Figure 23 : les étapes d'analyse bactériologique pour la recherche des germes totaux (à 22C° et à 37C°).

Expression des résultats

Dénombrer les colonies lenticulaires en masse par 1 ml d'eau analysé.

3.2.2.4. Recherche et dénombrement de clostridium sulfito-réducteur

Le recherche de clostridium sulfito-réducteur s'effectue comme suit :

1. Porter dans un flacon de 250 ml de l'échantillon à analyser.
2. Effectuer pour le flacon un chauffage à 80°C, pendant 10 mn, puis un refroidissement brutal sous l'eau de robinet (choc thermique qui a pour but d'éliminer la forme végétative et permettre la formation des spores bactériennes de Clostridium sulfito-réducteurs).
3. Stériliser la rampe de filtration par flambage.
4. Placer le papier filtre (0,22 µm) dans la rampe de filtration.
5. Evacuer l'eau (100 ml) dans la rampe filtration.
6. Retirer la membrane filtrante et la déposer de manière inversée dans une boîte Pétri.
7. Verser le milieu de culture refroidi (viande-foie additionné d'alun de fer et de sulfite de sodium).
8. Laisser solidifier.
9. Incuber à 37°C pendant 24h.

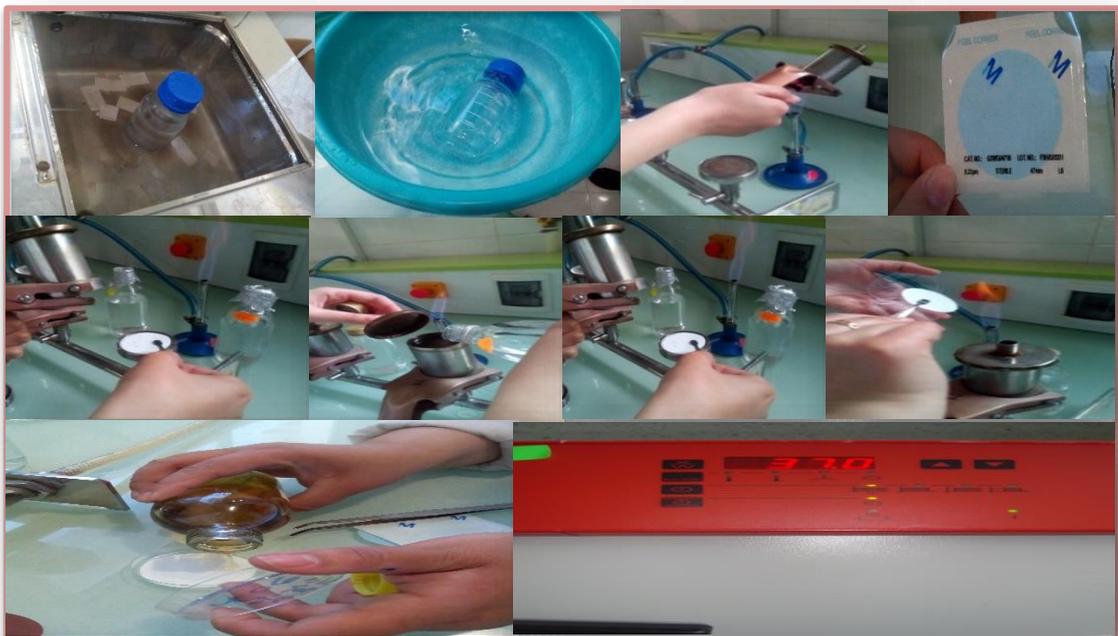


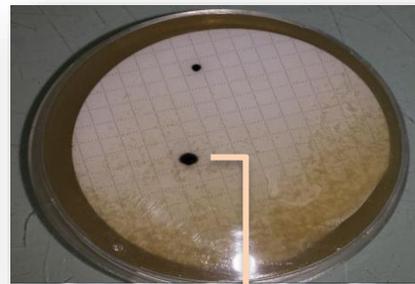
Figure 24 : Les étapes d'analyse bactériologiques de la recherche des *Clostridium*.

Expression des résultats

Est considérée comme spore de bactérie anaérobie Sulfito-réducteur toute colonie noire entourée d'un halo noir, exprimer les résultats en nombre de spore par 100 ml.



Absence de clostridium



Présence de clostridium

Figure 25 : Exemple de la présence et d'absence de clostridium.

Chapitre 04

Résultats et discussions

Ce chapitre est consacré aux résultats et à la discussion des analyses physico – chimiques et bactériologiques effectuées sur les forages F2, F8, F11 et le barrage TILESDIT (BAT) pendant le mois de février 2020, afin de juger leur utilisation comme eau potable. Pour cela nous avons comparées nos résultats, avec les normes algériennes et les normes de l’OMS.

4.1. Résultats des analyses physico-chimiques

4.1.1. Résultats des principaux paramètres

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 02 : Résultats des principaux paramètres

Echantillons Paramètres	F2	F8	F11	BAT
	Date:13/02/2020	14/02/2020	15/02/2020	16/02/2020
pH	7,24	7,30	7,20	7,75
Cond (µs/cm)	1069	1090	1144	713
T° (C°)	17,5	18	15,5	17,9
TDS (Mg/l)	528	548	573	374
Sal (%)	0,5	0,5	0,6	0.4
Turb (NTU)	0,98	0,66	0,75	0,81

4.1.1.1. Le potentiel d'hydrogène (pH)

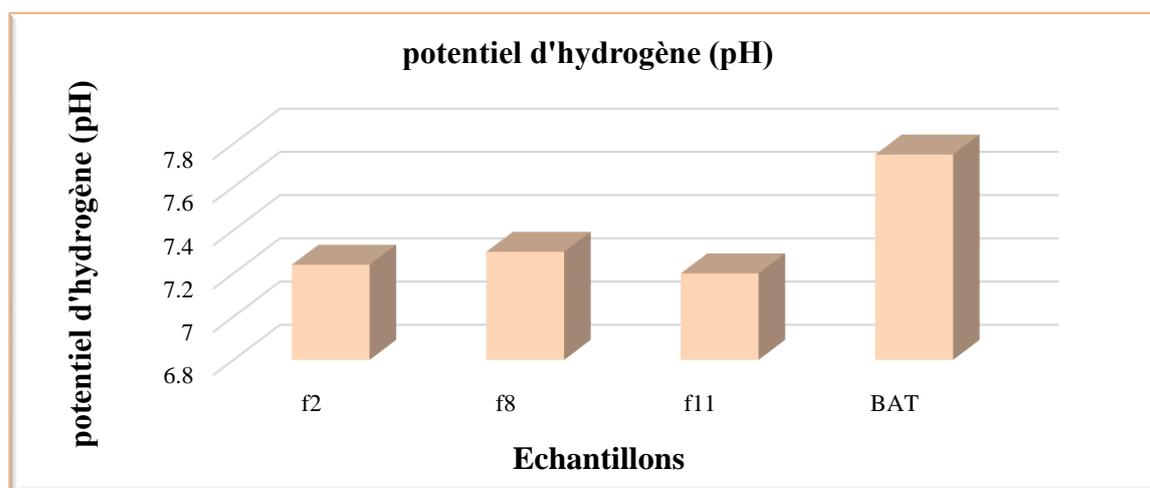


Figure 26 : Histogramme représentatif des résultats d’analyses du paramètre de potentiel d’hydrogène.

La variation du pH est probablement due à l'influence de la nature chimique du sol et des roches par action de lessivage.

Les valeurs remarquées lors des analyses des échantillons varient entre 7,20 et 7,75, la valeur maximale est enregistrée au niveau du barrage de TILES DIT (BAT) et la valeur minimale au niveau du forage F11 d'OUADHIA, ces valeurs sont voisines de la neutralité mais toujours situées dans les normes exigées par L'OMS (pH compris entre 6.5 et 9.2) Et la norme Algérienne de potabilité (pH compris entre 6.5 et 8.5). (**Tableau 03 Annexe**). Nos échantillons sont par conséquent de qualité acceptable concernant ce paramètre.

4.1.1.2. La conductivité

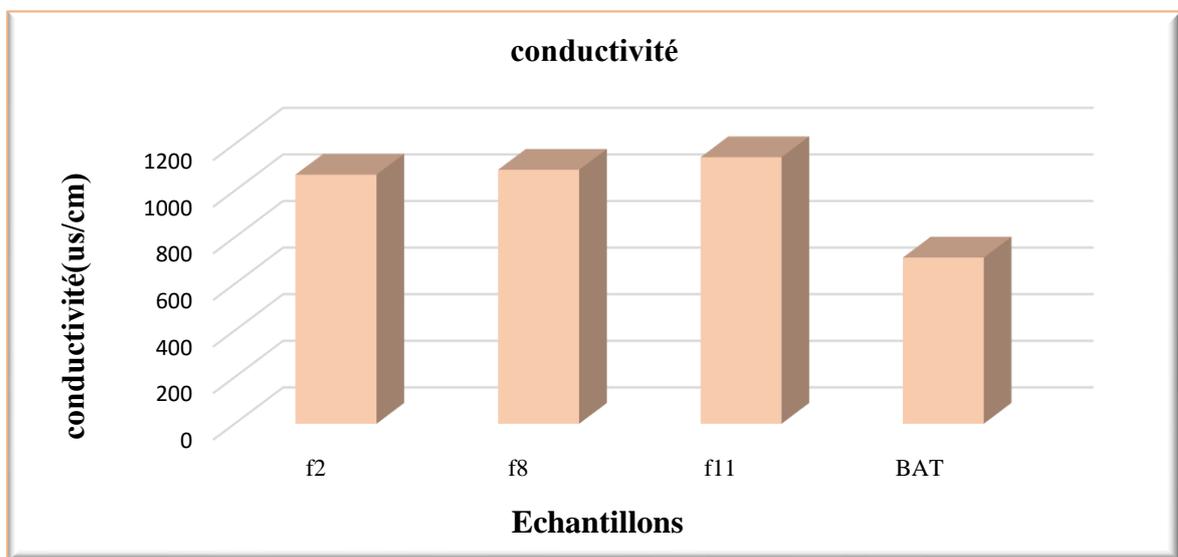


Figure 27 : Histogramme représentatif des résultats d'analyses du paramètre de la conductivité

La conductivité électrique dépend des charges de matière organique endogène et exogène génératrice de sels après décomposition et minéralisation et également du phénomène d'évaporation qui concentre les sels dans l'eau.

Les résultats obtenus montrent que la conductivité des échantillons analysés varie entre un minimum de 713 us/cm et un maximum de 1144 us/cm.

Ces résultats sont conformes aux normes de potabilité, (**Tableau 03 Annexe**). Cela confirme que les échantillons examinés sont de bonne qualité en termes de conductivité.

4.1.1.3. La température (T°)

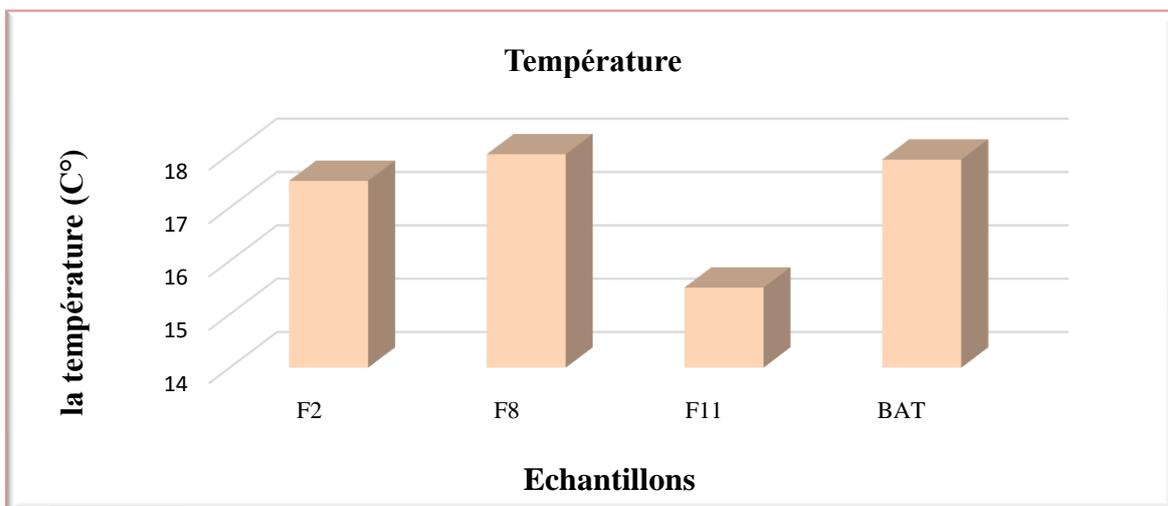


Figure 28: Histogramme représentatif des résultats d'analyses du paramètre de la température

D'après les résultats obtenus, la température maximale est enregistrée au niveau du forage F8 avec 18°C et la valeur minimale dans le forage F11 avec 15.5 C°, cette variation de température dépend du cadre climatologique de la région. En effet toutes les valeurs sont conformes aux normes de potabilité (OMS et Algériennes). (**Tableau 03 Annexes**). Les eaux échantillonnées sont donc de bonne qualité en termes de température.

4.1.1.4. TDS

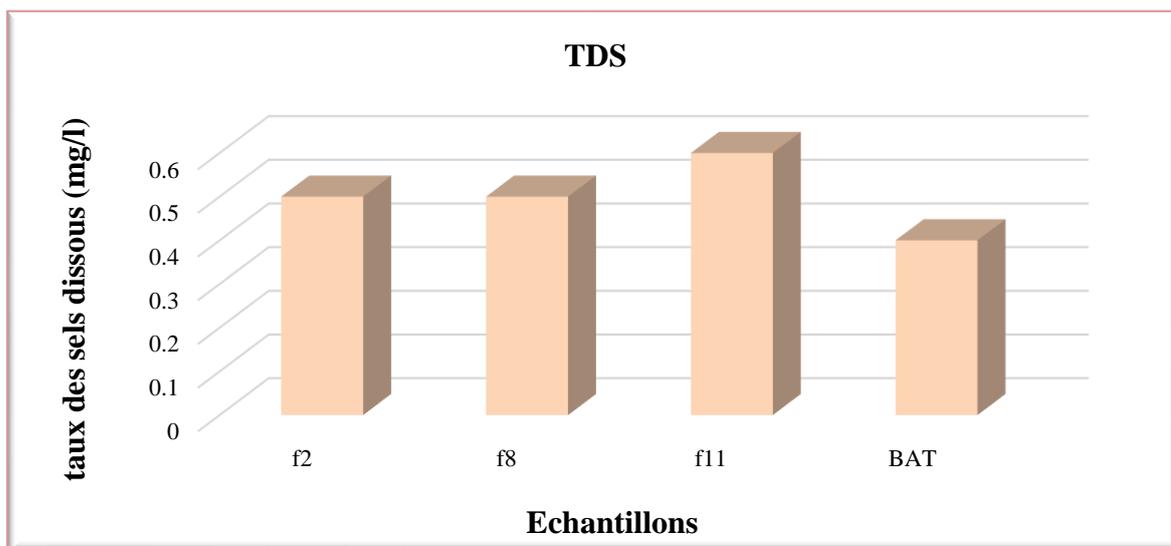


Figure 29 : Histogramme représentatif des résultats d'analyses du paramètre de taux des sels dissous

Les mesures de TDS de l'ensemble des échantillons montrent qu'elles sont comprises entre 374 mg/l(BAT) et 573 mg/l (forage F11), cette variation est expliquée par la différence de qualité et de quantité de sels dissous dans l'eau.

Pour le TDS, il n'existe pas de concentration maximale admissible légale (**Tableau 03 Annexes**).

4.1.1.5. Salinité

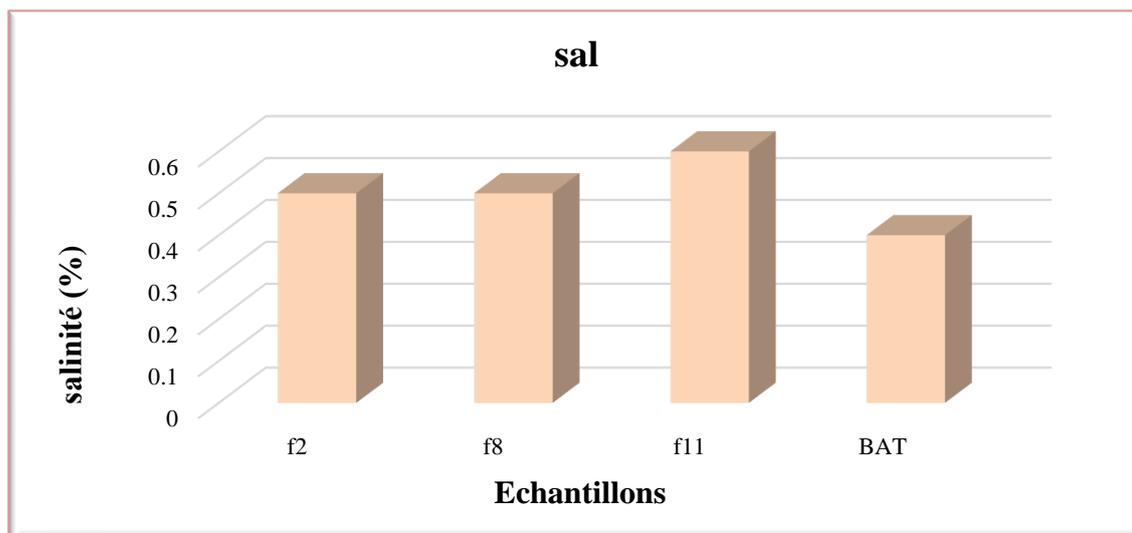


Figure 30 : Histogramme représentatif des résultats d'analyses du paramètre de la salinité

La salinité définit le caractère salin de l'eau qui varie d'une saison à une autre et d'un lieu à un autre, sa diminution est expliquée par l'apport de l'eau de pluies qui diluent l'eau, et la faible évaporation d'eau qui entraîne son augmentation.

Selon les résultats obtenus à l'aide d'un conductivimètre, on observe une variation de salinité entre 0,4% (BAT) et 0,6% (forage F11), il n'existe pas de concentration maximale admissible légale pour la salinité (**Tableau 03 Annexes**).

4.1.1.6. La turbidité

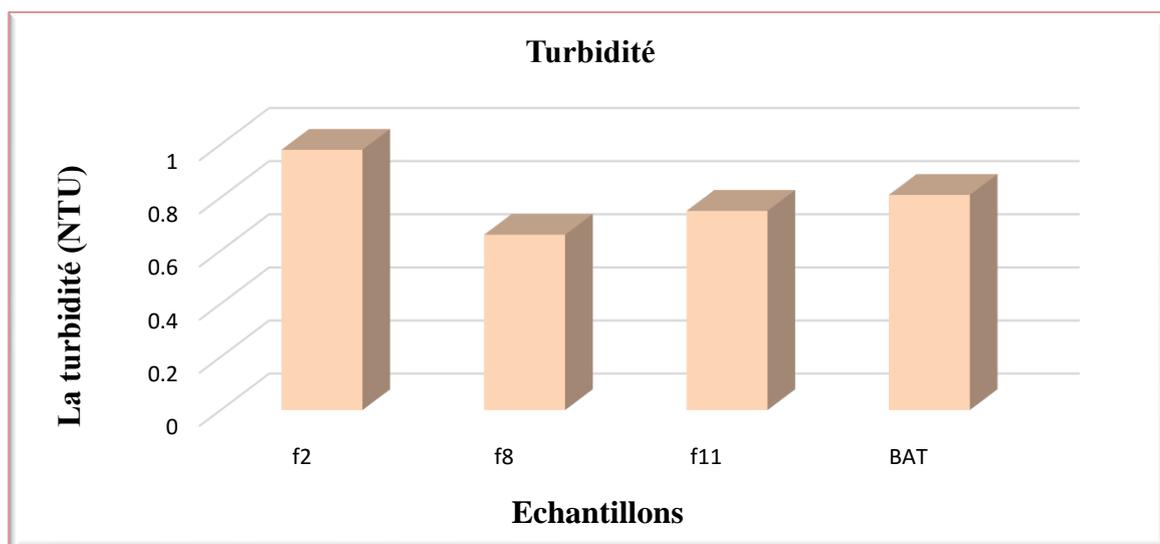


Figure 31 : Histogramme représentatif des résultats d'analyses du paramètre de la turbidité

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspensions finement divisées : argiles, limons, matière organique, etc.

Les résultats obtenus à l'aide d'un turbidimètre déterminent une variation entre 0.66 NTU enregistré au niveau de forage F8 et 0.98 NTU dans le forage F2.

Après comparaison de ces valeurs avec les valeurs fixées par l'OMS (5 NTU) et la norme Algérienne (5NTU) (**Tableau 03 Annexes**), on trouve qu'ils sont conformes, cela témoigne que les échantillons analysés sont d'excellente qualité en termes de turbidité.

4.1.2. Résultats de détermination des paramètres de pollutions

Ces analyses sont effectuées si la teneur en chlore est inférieure à 0.5 mg/l. Tous les résultats obtenus sont récapitulés dans le tableau 03

Tableau 03 : Résultats des paramètres de pollutions

Echantillons / Paramètres	F2	F8	F11	BAT
	Date: 13/02/2020	15/02/2020	16/02/2020	17/02/2020
Nitrites NO ₂ ⁻ (mg/l)	0	0	0	0
Phosphates PO ₄ ³⁻ (mg/l)	0	0	0	0
Ammonium NH ₄ ⁺ (mg/l)	0	0	0	0

4.1.2.1. Nitrites (NO_2^-)

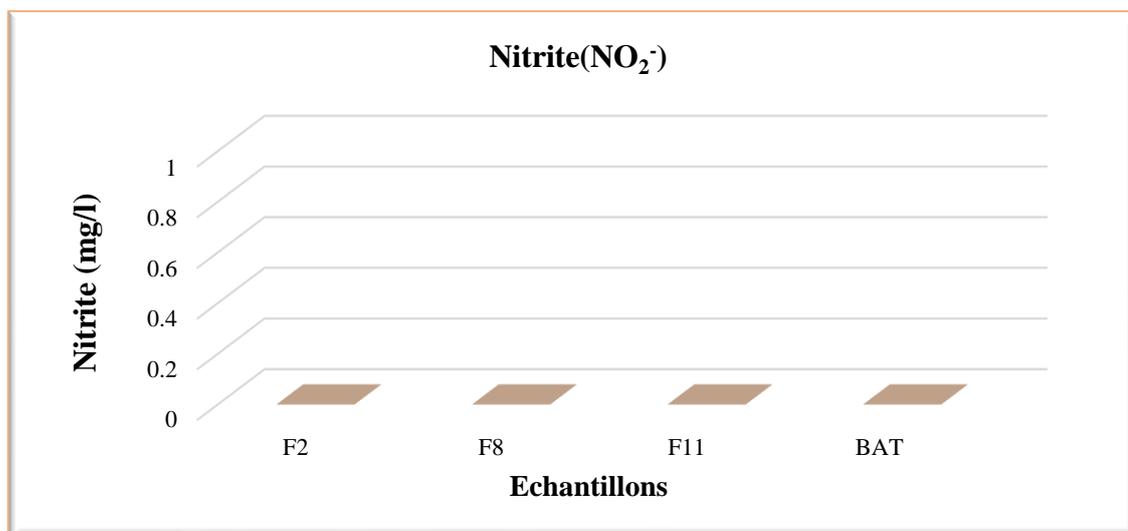


Figure 32 : Histogramme représentatif des résultats d'analyses du nitrite.

Les résultats enregistrés montrent qu'il n'y a aucun signe de présence de nitrite dans les quatre échantillons, par conséquent ils sont situés dans les normes (OMS et Algériennes) (**Tableau 03 Annexes**), c'est une preuve de l'absence de pollution liée aux activités humaines (rejets urbains, industriels et surtout agricoles et élevage intensifs). Ceci nous permet de dire que les eaux analysées sont de bonne qualité concernant le nitrite.

4.1.2.3. Phosphates (PO_4^{3-})

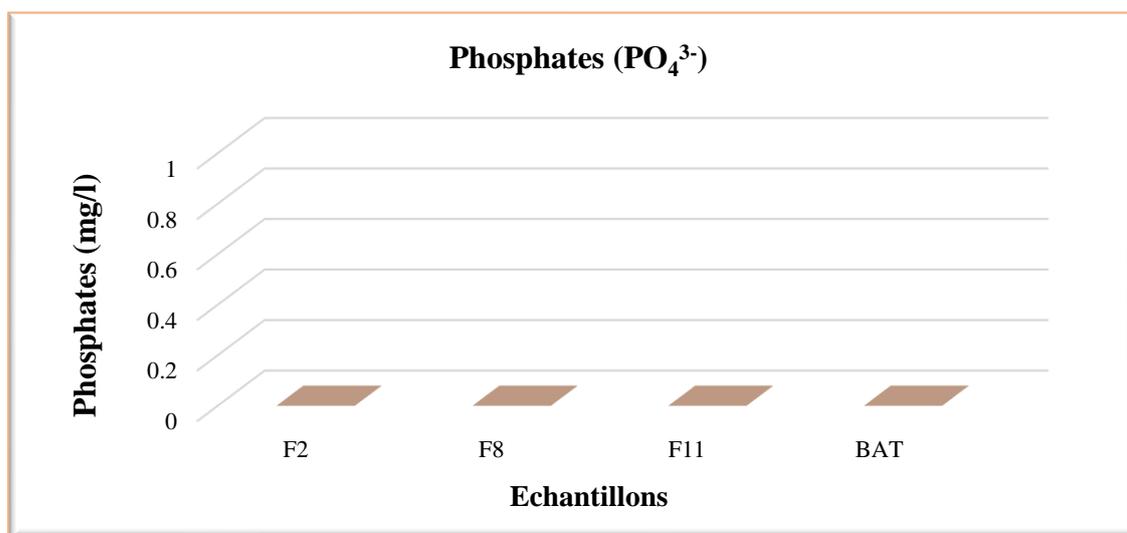


Figure 33 : Histogramme représentatif des résultats d'analyses du phosphate.

Selon les résultats obtenus et comme indiqué dans la figure 33, on constate qu'il y a une absence totale de phosphate dans les quatre échantillons analysés, cela signifie une absence de contamination qu'elle soit d'origine agricole (engrais phosphatés) ou autre.

La comparaison des valeurs enregistrées lors des analyses avec celles fixées par l'OMS (0.5mg/l) et la normes Algérienne (0.5 mg/l) (**Tableau 03Annexes**), prouve la conformité entre les deux, ce qui confirme l'excellente qualité des eaux analysées en termes de phosphate.

4.1.2.2. Ammonium (NH_4^+)

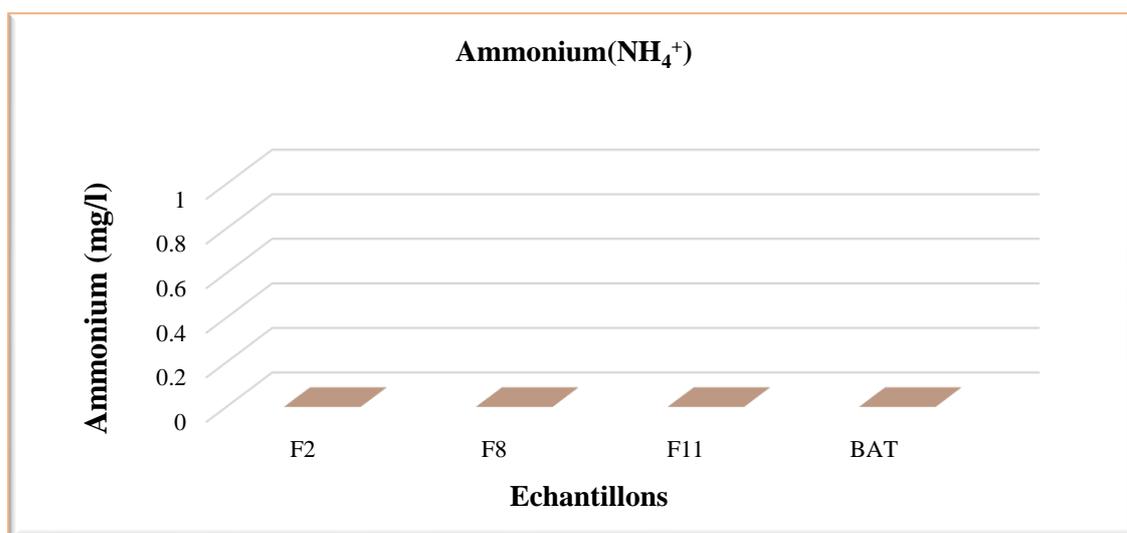


Figure 34 : Histogramme représentatif des résultats d'analyses d'ammonium.

Comme il est indiqué dans la figure 34 toutes les valeurs enregistrées montrent l'absence total d'ammonium dans tous les échantillons, c'est une indication de l'absence de toute contamination d'eau par des rejets organiques d'origine agricole, domestique ou industrielle.

Selon les valeurs fixées par l'OMS et la norme Algérienne de potabilité, on constate que les eaux analysées sont de bonne qualité en termes d'ammonium.

4.1.3. Résultats de détermination des paramètres titrimétriques

Tableau 04 : Résultats des paramètres titrimétriques

Echantillons Paramètres	F2	F8	F11	BAT
	13/02/2020	14/02/2020	15/02/2020	16/02/2020
Calcium Ca^{2+} (mg/l)	110	108,5	120	60
Dureté totale TH (mg/l $CaCO_3$)	395	400	424	224
Titre alcalimétrique complet TAC (mg/ $CaCO_3$)	270	290	229	175
Chlorure Cl^- (mg/l)	105,2	100,6	168,12	74,55
Magnésium Mg^{2+} (mg/l)	28,8	30,8	26,6	17,76
Bicarbonate HCO_3^- (mg/l)	342,20	320,18	300,22	213,5

4.1.3.1. Calcium Ca^{2+}

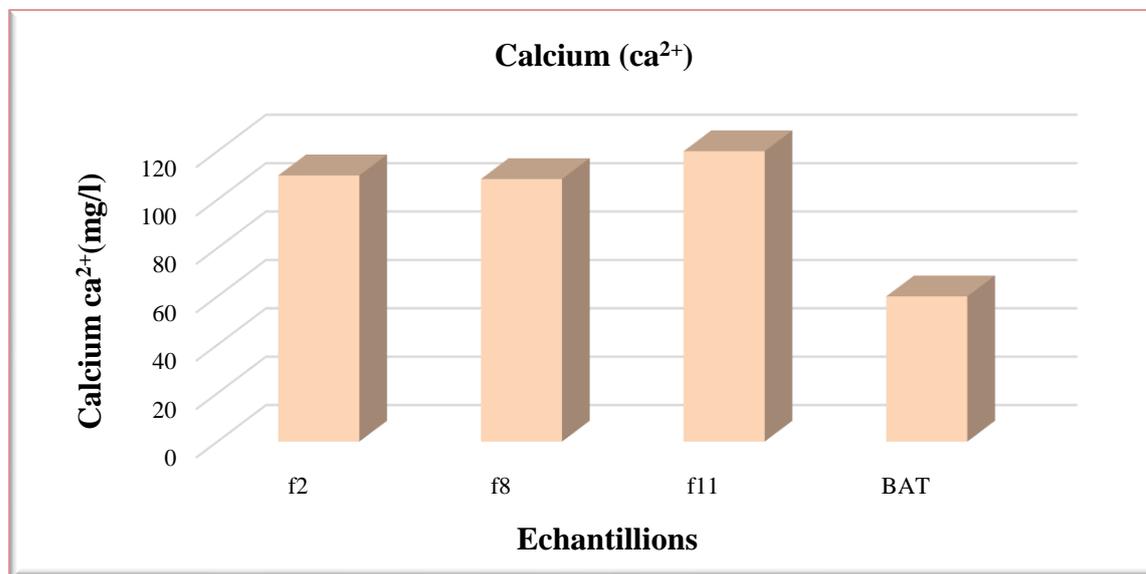


Figure 35 : Histogramme représentatif des résultats d'analyses de calcium.

La présence des ions Ca^{2+} dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles : soit la dissolution des formations carbonatées ($CaCO_3$), soit la dissolution des formations gypseuses ($CaSO_4$).

D'après les résultats marqués, les valeurs de calcium varient entre 60 mg/l enregistrées au niveau de barrage Tilesdit (BAT) et 120 mg/l dans le forage (F11), ces valeurs restent toujours dans les normes de potabilité (**Tableau 03 Annexes**).

Donc la qualité de l'eau analysée est excellente concernant le calcium.

4.1.3.2. Dureté totale (TH)

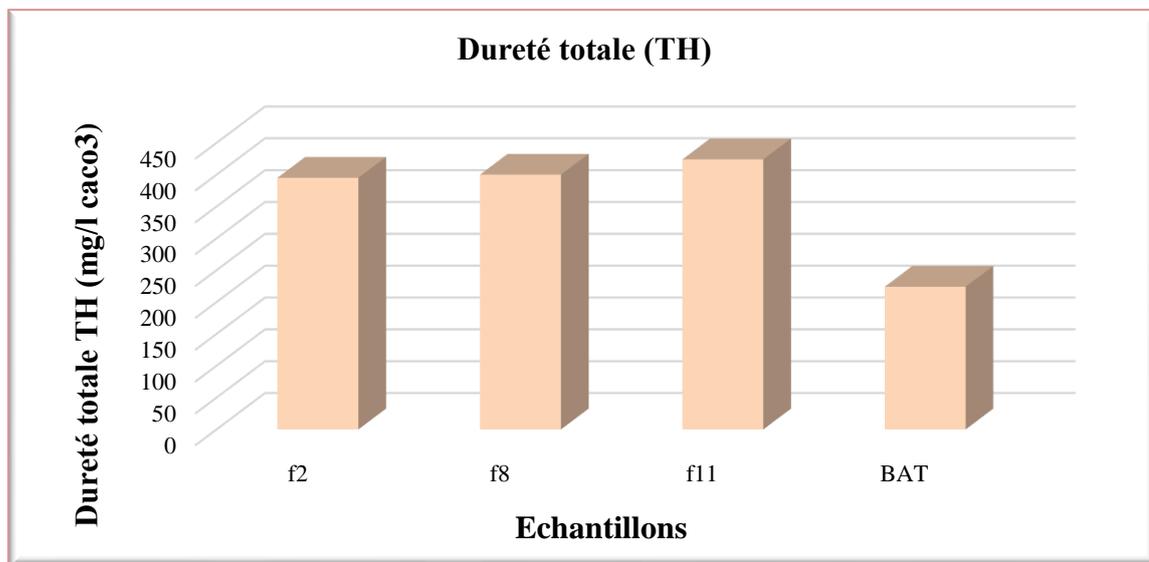


Figure 36 : Histogramme représentatif des résultats d'analyses de la dureté totale.

La dureté totale est un paramètre particulier de l'eau due à la présence de calcium et de magnésium, on distingue : une dureté carbonatée qui correspond à la teneur en carbonate et bicarbonate de Ca^{2+} et Mg^{2+} et une dureté non carbonatée produite par les autres sels.

Les résultats obtenus montrent une dureté variante entre 225 mg /l $CaCO_3$ (au niveau de barrage Tilesdit) et de 424 mg/l $CaCO_3$ (au niveau de forage F11). Ces valeurs sont conformes aux normes de potabilité (OMS et Algériennes) (**Tableau 03 Annexes**), ce qui confirme que la qualité des eaux analysées est acceptable pour la dureté totale.

4.1.3.3. Titre alcalimétrique complet (TAC)

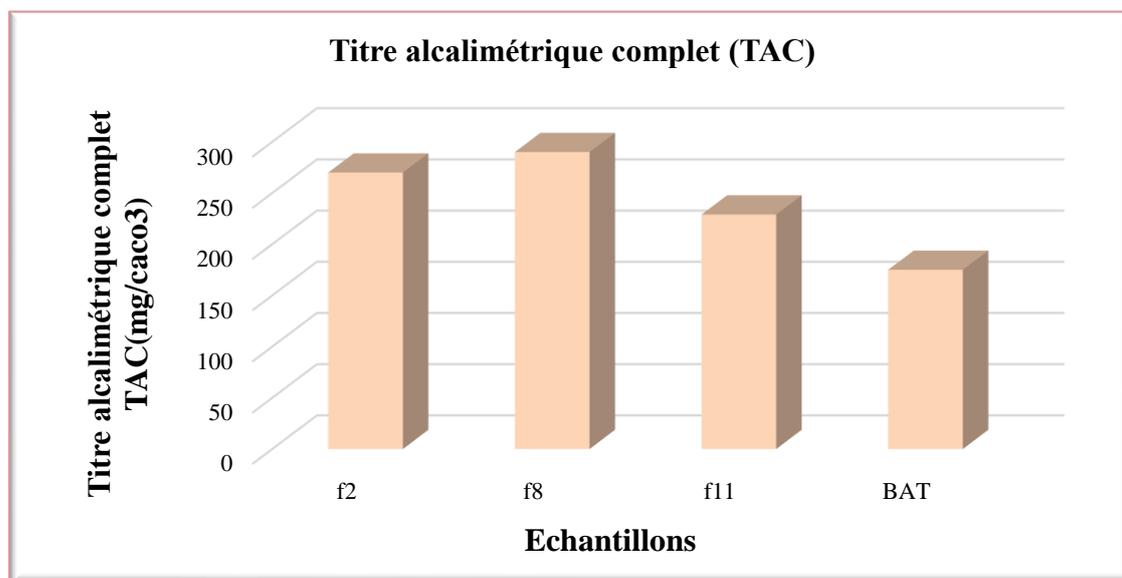


Figure 37 : Histogramme représentatif des résultats d'analyse de Titre alcalimétrique complet (TAC).

Le titre alcalimétrique ou TAC, correspond à la teneur de l'eau en alcalins libre, carbonates et hydrogénocarbonate.

D'après les résultats et comme il est indiqué dans la figure 37, les valeurs de TAC varient entre 175 et 290mg/l. Ces valeurs sont conformes aux normes de potabilité (OMS et la norme Algérienne) (**Tableau 03 Annexes**), ce qui confirme la bonne qualité des eaux analysées du point de vue du titre alcalimétrique.

4.1.3.4. Chlorure Cl⁻

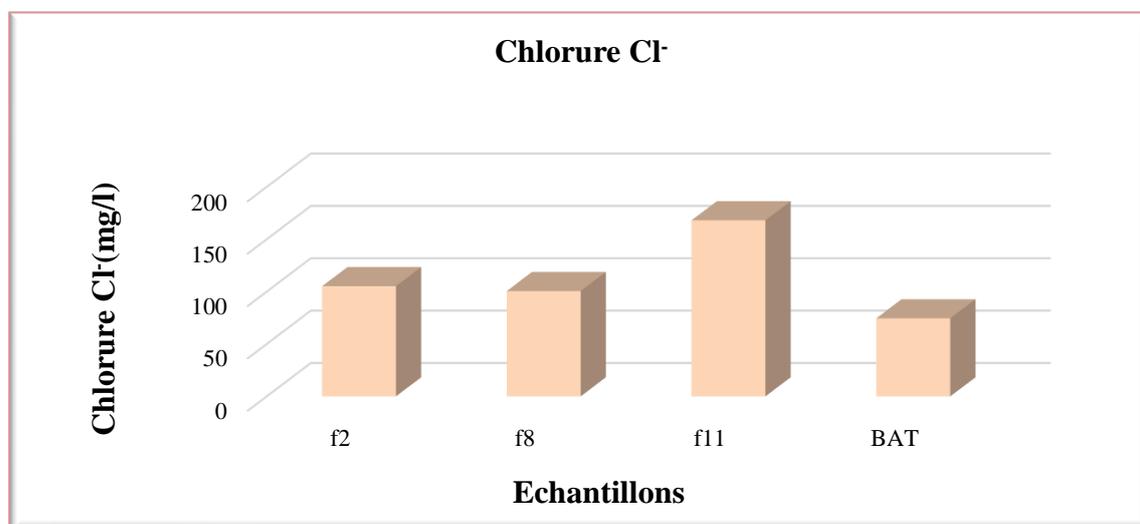


Figure 38 : Histogramme représentatif des résultats d'analyse de chlorure.

Comme il est indiqué dans la figure 38, la teneur du chlorure varie entre 74.55 et 168.12 mg/l mais reste toujours dans les normes de potabilité (**Tableau 03 Annexes**).

Donc les eaux analysées sont de qualité acceptable concernant le chlorure.

Cette variation de chlorure peut être expliquée par la multitude d'origines qu'ils peuvent avoir, notamment leur présence en fortes concentrations dans les eaux ayant traversées les formations argilo-sableuses ou argileuses ce qui facilite la dissolution des terrains salifères.

4.1.3.5. Magnésium (Mg^{2+})

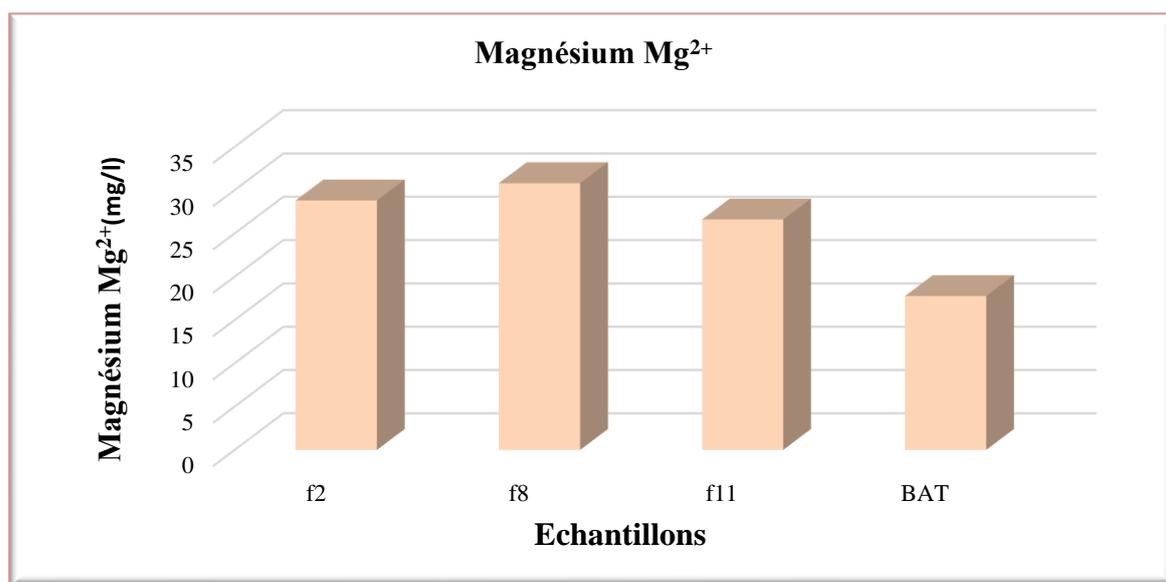


Figure 39 : Histogramme représentatif des résultats d'analyse de magnésium.

Le magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l'eau, sa teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrées (calcaires dolomitique ...).

D'après les résultats obtenus les valeurs de magnésium varient entre 17.76 à 30.8 mg/l, avec une valeur maximale enregistrée au niveau du forage F8, et une valeur minimale au niveau de barrage Tilesdit (BAT), toutes les valeurs enregistrées ne dépassent pas les normes exigées par L'OMS et la norme Algérienne de potabilité (**Tableau 03 Annexes**), pour cela on dit que les eaux analysées sont de bonne qualité en termes du magnésium.

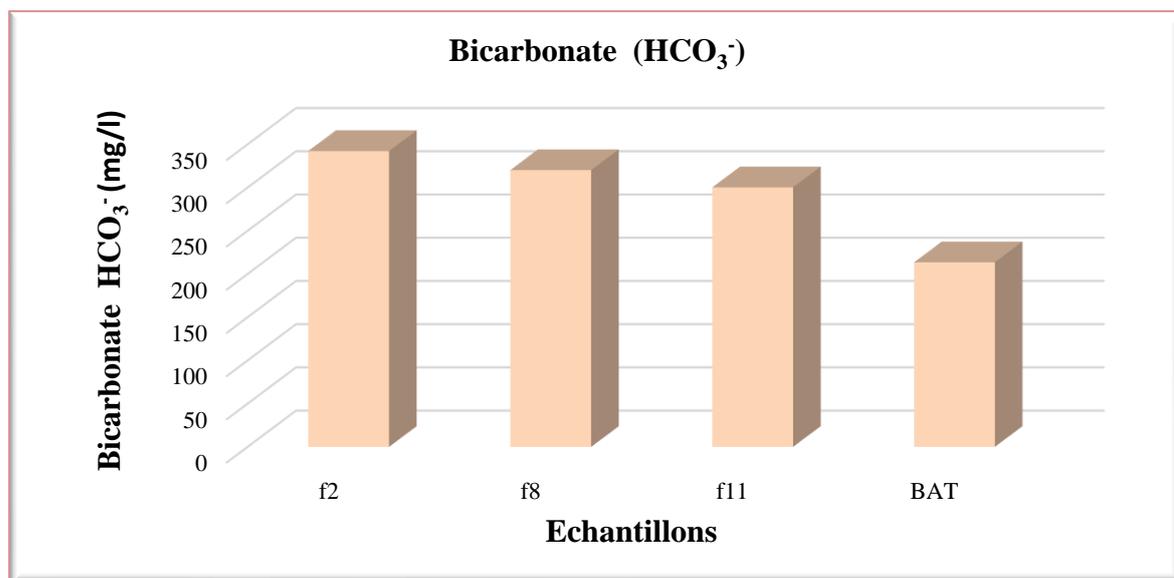
4.1.3.6. Bicarbonate HCO_3^- 

Figure 40 : Histogramme représentatif des résultats d'analyse de bicarbonate.

Comme il est indiqué dans la figure 40, le teneur en bicarbonates dans les eaux échantillonnées varie entre 213.5 (BAT) et 342.20 (forage f2), concernant les ions bicarbonates, il n'existe pas de concentration maximale admissible légale (**tableau 03 annexes**).

La variation de teneur en bicarbonates est expliquée par la dissolution de gaz carbonique dans les sources naturelles.

4.1.4. Résultats de Détermination des paramètres spectrophotométriques

Tableau 05 : Résultats des paramètres spectrophotométriques

Echantillons Paramètres	F2	F8	F11	BAT
	13/02/2020	14/02/2020	15/02/2020	16/02/2020
Fer Fe^{2+} (mg/l)	0,01	0,00	0,01	0,00
Sulfate SO_4^{2-} (mg/l)	104,66	108,66	42,4	60,02
Nitrate NO_3^- (mg/l)	2,02	4,16	1,41	3,53

4.1.4.1. Fer (Fe^{2+})

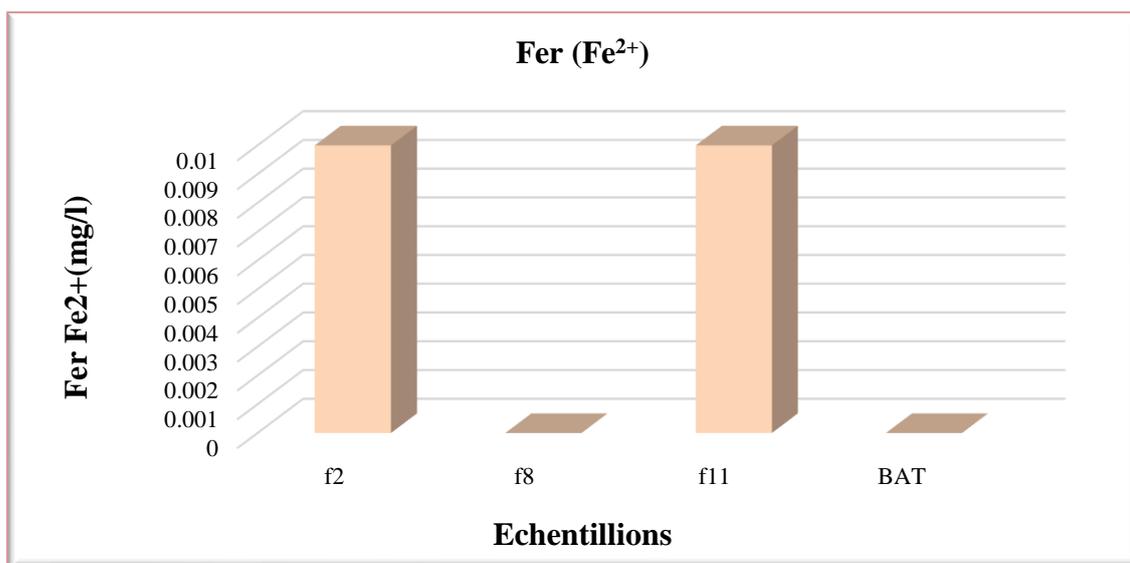


Figure 41 : Histogramme représentatif des résultats d'analyse de fer.

Le fer dans l'eau peut provenir du lessivage des sols par dissolution des roches et minerais, des rejets industriels ou de la corrosion des canalisations métalliques. Leur présence en grande quantité peut entraîner un risque de maladies cardiovasculaires et de cancers.

Les résultats obtenus montrent que la teneur en fer est nulle dans le forage f8 et le barrage Tilesdit (BAT), et présente dans le forage f2 (0.01mg/l) et le forage f11(0.01mg/l). Toutes les valeurs obtenues sont inférieures à celles indiquées par les normes de potabilité (**tableau 03 annexes**), ce qui nous a permis de dire que les eaux analysées sont de bonne qualité concernant le fer.

4.1.4.2. Sulfate (SO_4^{2-})

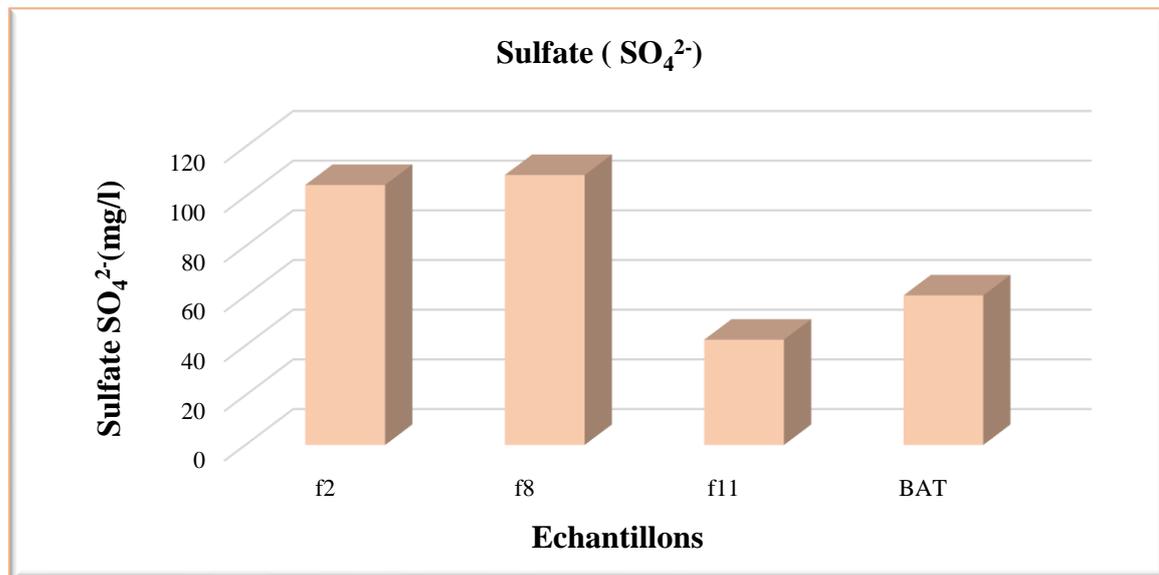


Figure 42 : Histogramme représentatif des résultats d'analyse de sulfate.

Les sulfates sont présents dans l'eau naturellement (proviennent de certains minéraux, en particulier du gypse ou apparaissent à partir de l'oxydation des minéraux sulfureux) ou via les effluents industriels et les dépôts d'origine atmosphériques.

Comme il est indiqué dans la figure 42, les valeurs de sulfates obtenus varient entre 42.4 mg/l (forage F11) et de 108.66 mg/l (forage F8). Mais ces valeurs sont conformes aux normes OMS et la norme Algérienne de potabilité (**tableau 03 annexes**).

C'est une confirmation de l'excellente qualité des eaux échantillonnées pour les sulfates.

4.1.4.3. Nitrate NO₃⁻

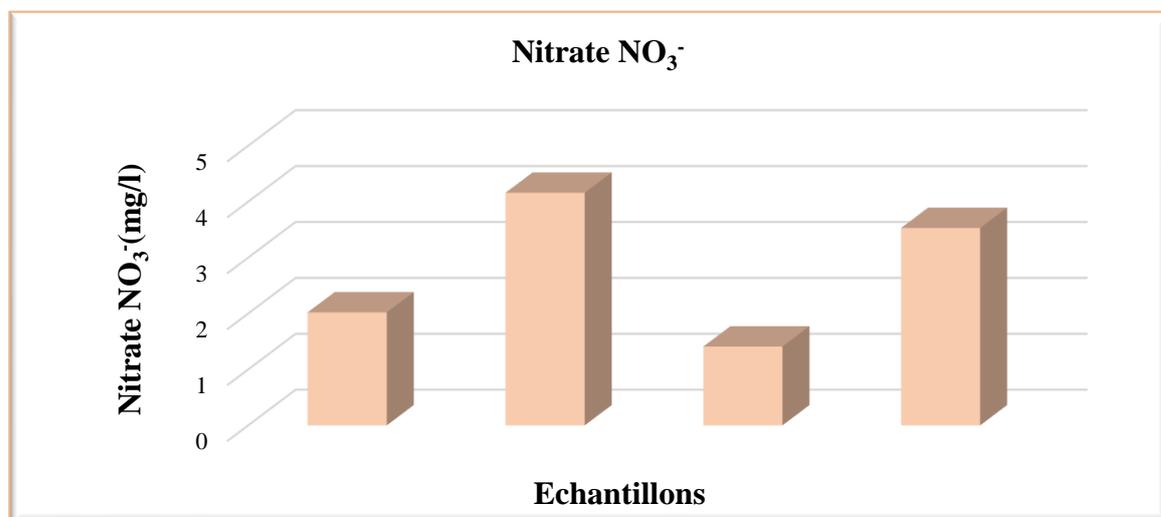


Figure 43 : Histogramme représentatif des résultats d'analyse du nitrate.

Les apports de nitrate dans l'eau proviennent du lessivage des engrais et de l'azote reminéralisé sur les zones de culture, des eaux usées domestique et parfois industrielles.

D'après les valeurs enregistrées lors de l'analyse on remarque une variation des teneurs en nitrate entre 1,41 mg/l (forage F11) et 4,16 mg/l (forage F8), ces valeurs sont inférieures aux valeurs exigées par l'OMS et la norme Algérienne de potabilité, c'est un indicateur de bonne qualité des eaux échantillonnées concernant le nitrate.

4.1.5. Résultats de mesure de chlore (cl₂)

Tableau 06 : résultats de mesure de chlore

Paramètres	F2	F8	F11	BAT
	13/02/2020	14/02/2020	15/02/2020	16/02/2020
Chlore cl ₂ (mg/l)	0,5	0,6	0,4	0,35

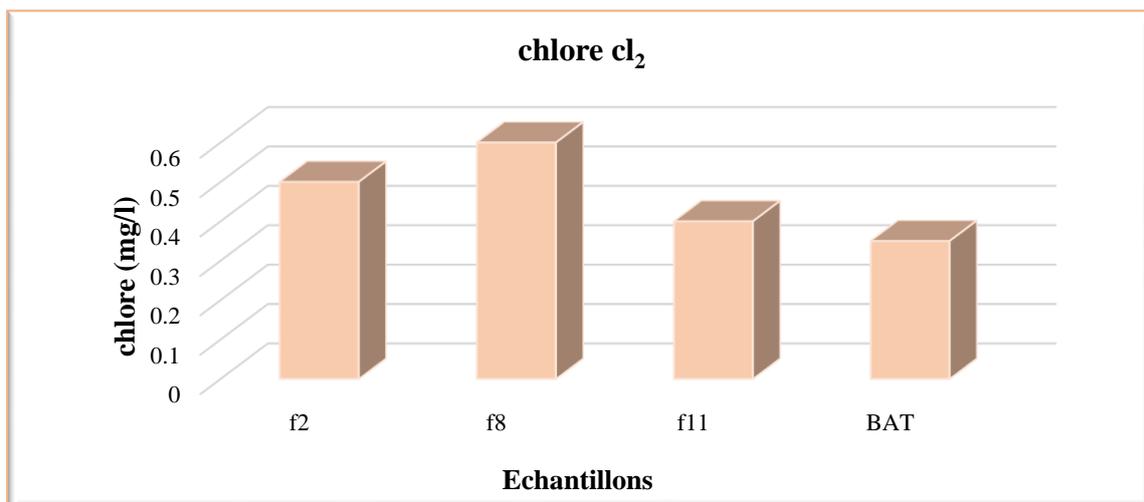


Figure 44 : Histogramme représentatif des résultats de mesure de chlore.

Le demande en chlore est très important puisqu'elle constitue toujours la meilleure garantie de préservation de la qualité microbiologique de l'eau durant son transport de l'usine de traitement jusqu'aux habitations.

D'après les valeurs obtenues à l'aide d'un comparateur et comme il est indiqué dans la Figure 44, la teneur en chlore varie entre 0.35 et 0.6 mg/l, mais reste toujours conformes aux normes de potabilité (**tableau 03 annexes**), cette conformité montre que les eaux analysées dans les régions d'études sont de qualité acceptable en termes de chlore.

4.2. Résultats des analyses bactériologiques

Tableau 07 : résultats des analyses bactériologiques

Echantillons Germes	F2	F8	F11	BAT
	17/02/2020	18/02/2020	19/02/2020	20/02/2020
CT	00	00	00	00
CF	00	00	00	00
E. coli (mg)	00	00	00	00
STrp fec	00	00	00	00
CLOS	00	00	00	00
GT à 22°C	00	00	00	00
GT à 37°C	00	00	00	00

4.2.1. Les coliformes totaux

Les Coliformes totaux sont utilisés depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale et sont également très utiles comme indicateurs de l'efficacité du traitement, de l'intégrité du réseau de distribution ainsi que comme indicateurs de la décroissance bactérienne après traitement.

D'après les résultats illustrés par le tableau 07, on observe l'absence totale de coliformes totaux dans tous les eaux échantillonnées, cela répond aux normes de potabilité exigées par l'OMS et la norme Algérienne (**tableau 04 annexes**), donc les eaux analysées sont de qualité excellente en fonction des coliformes totaux. Ceci peut être en relation avec l'absence des rejets industrielles.

4.2.2. Les coliformes fécaux et *E. coli*

Les Coliformes fécaux parmi lesquelles *E. coli* sont intéressants car un très grand nombre d'entre eux vivent en abondance dans les matières fécales des animaux à sang chaud et de ce fait, constituent des indicateurs fécaux de première importance, leur présence est suffisante pour confirmer qu'il y a effectivement une pollution fécale.

D'après le tableau 07, aucun signe de présence de coliformes fécaux et d'*E. coli* est à déplorer dans les eaux analysées. Donc ils sont conformes aux normes de potabilité (OMS et la norme Algérienne) (**Tableau 04 Annexes**), ce qui confirme que les eaux analysées sont de qualités acceptables en termes de coliformes fécaux de genre *E. coli*.

4.2.3. Streptocoques fécaux

Les Streptocoques fécaux sont aussi des indicateurs de contamination fécale mais plus résistants dans le milieu extérieur que les coliformes.

Selon les résultats enregistrés, les streptocoques fécaux sont absents dans toutes les eaux échantillonnées ce qui présente une conformité avec la norme OMS et la norme Algérienne de potabilité (**Tableau 04 Annexes**).

On atteste donc que les eaux analysées sont de qualités acceptables par rapport aux streptocoques fécaux, ceci s'explique par une absence de rejets industriels.

4.2.4. Clostridium sulfito-réductrice

Selon les résultats obtenus, aucun signe de présence des clostridium sulfito-réductrice a été remarquée durant la lecture, ce qui nous a permis de dire qu'il présente une conformité aux valeurs indicative de la norme Algérienne de potabilité et la norme OMS (**Tableau 04 Annexes**), donc les eaux analysées sont de qualité acceptable pour le paramètre bactériologique relatif aux clostridium sulfito-réductrice.

Cette conformité résulte de l'absence des latrines et des fosses septiques susceptibles de causer une pollution fécale.

4.2.5. Les germes totaux (à 22° et à 37°)

Le dénombrement des germes totaux est considéré comme un type d'indicateur beaucoup plus général, vis-à-vis de toute pollution microbologique ; celui-ci détermine la totalité de la charge bactérienne. La stabilité des dénombrements bactériens est donc un bon signe de protection.

D'après les résultats obtenus le dénombrement des germes totaux à 22C° a révélé des concentrations nul (0 UFC/100ml) dans toutes les eaux analysées, Par ailleurs le dénombrement des germes totaux des échantillons à 37C° a révélé aussi leur absence, ces résultats sont conformes aux normes Algérienne de potabilité et la norme OMS (**Tableau 04 Annexes**).

Ceci nous laisse conclure que les eaux échantillonnées sont loin de toute source de pollution par des rejets directs que ce soit les déchets industriels ou par les eaux usées domestiques.

Pour finir nous constatons que les eaux analysées sont de bonnes qualités en termes des germes totaux.

4.3. Discussion générale

Suite aux analyses physico-chimiques et bactériologiques qui ont porté essentiellement sur l'évaluation de la qualité des eaux de consommation de la ville de Bouira, il ressort que la totalité des paramètres physico-chimiques analysés (pH, T, Turb ...) présentent une conformité relative aux valeurs indicatives des normes Algériennes de potabilité et des normes internationales de l'OMS, par ailleurs les paramètres bactériologiques des quatre échantillons analysés répondent aussi aux normes de potabilité exigées par la norme nationale Algérienne et la norme internationale d'OMS. Il en ressort que les eaux examinées sont de bonne qualité pour les paramètres bactériologiques et physico-chimiques et leur consommation ne présente aucun risque pour la santé humaine.

Conclusion

Conclusion

La question de la qualité de l'eau au sein des programmes humanitaires se pose essentiellement en termes de consommation humaine et d'irrigation.

La mauvaise qualité de l'eau peut être induite par des activités anthropiques ou par des phénomènes naturels, et constitue sans aucun doute une menace pour les habitats qui puisent l'eau nécessaire à leurs besoins.

Ce travail a été effectué le mois de février 2020 dans l'objectif d'évaluer les propriétés des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de consommation de la ville de Bouira et ainsi juger leur utilisation comme une eau potable.

Les résultats de caractérisation de quatre points de prélèvements choisis montrent que :

- La totalité des paramètres physico –chimiques évalués répondent aux normes exigées par l'organisation mondiale de la santé (OMS) et la norme nationale de potabilité Algérienne.
- Sur le plan bactériologique les germes totaux, les coliformes totaux et fécaux, les streptocoques fécaux ainsi que les clostridium sulfito-réductrices sont conformes à la réglementation nationale Algérienne et internationale OMS en matière de potabilité de l'eau.

A la lumière des résultats obtenus au cours de ce modeste travail, nous pouvons conclure que l'eau distribuée dans la ville de Bouira est de très bonne qualité physico-chimique ainsi que bactériologique et sa consommation ne présente aucun danger pour les habitations, elle est ainsi dépourvue de toute germe pathogène et loin de toute pollution qui peut être générée que ce soit par les rejets directs, les rejets industriels ou par les eaux usées domestiques.

Pour ce qui est des recommandations, nous tenons à proposer l'application des mesures préventives suivantes afin d'éviter la contamination de l'eau destinée à la consommation :

- ✓ Faire un contrôle quotidien des eaux lorsqu'elles sont distribuées aux abonnées.
- ✓ Education et sensibilisation des populations pour prendre conscience de l'importance de l'eau pour la santé.
- ✓ Conception du réseau d'assainissement pour l'évacuation des excréments et des ordures ménagères, sources de contamination directe.

Références bibliographiques

A

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)*. Thèse doctorat recherche : Microbiologie Appliquée. Annaba : Université Badji Mokhtar – Annaba, 2017, p .110.

ALGÉRIENNE DES EAUX. Bouira, Algérie : ALGÉRIENNE DES EAUX.

B

BERNARD, R. *L'eau et la vie*, Edition Isoire, paris, 2006, p. 25-26 (ISBN :2-7163-1311-3)

BERNE, F. *Traitement des eaux usées*, Edition TECHNIP, paris,1991.

BOURRIER, R, SELMI, B. *Technique de la gestion et de la distribution de l'eau*, Edition Moniteur, paris,2011, p. 353-402.

BOUZIANI, M. *L'eau de la pénurie aux maladies*, Edition ibn khaldoun,2000, p. 247.

BREMAUDE, C, CLAISSE, J, LEULIER, F, *et al. Alimentation, santé, qualité de l'environnement et du de vie en milieu rurale*, Edition DIJON, France, 2006.

BRÉMAUD, CH. *Alimentation, santé, qualité de l'environnement et du cadre de vie en milieu rural*, Edition, Educargi, France, 2006, p. 220.

BERNARD, S, GIL, M. *Bulletin de minéralogie*, Edition, MACSSN, France ,1987, p. 567-577.

BAIZE, D. *Guide des analyses en pédologie : choix-expression-présentation-interprétation*, Edition. INRA, Paris, 2000, p. 97. (ISBN :2-7380-0892-5).

BOUCENNA, F. *Cartographie par les différentes méthodes de vulnérabilité à la pollution d'une nappe côtière cas de la plaine alluviale de l'Oued Djendjen*. Mémoire de Magister, Université de Badji Mokhtar, Annaba (Algérie), 2009, p. 133.

BOS, R. *Manuel des droits de l'homme à l'eau potable et à l'assainissement à l'intention des praticien*, Edition, iwa, london, 2018. (ISBN :9781789058065)

C

CELLERIC, J. *La qualité de l'eau dans les réseaux*, paris, 2001.

COULIBALY, k. *Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako* [En ligne]. Thèse de doctorat recherche : pharmacie. Bamako : université de Bamako, 2005, p. 42. Disponible sur : <http://www.kenya.net/fmpos/thèses/2005/pharma/pdf> (Consulté le 24/02/2020).

CHADEN, M. *Evaluation de la qualité de l'eau du bassin supérieur de la rivière du Litani, Liban : approche hydrogéochimiques* [En ligne]. Thèse de doctorat recherche : géoscience, université de lorraine : école doctoral RP2E (science et ingénierie ressources procédés produit environnement), 2014, p. 259. Disponible sur : <https://hal.univ-lorraine.fr> (Consulté le 01/03/2020).

COLLIN, G. *Les eaux souterraines connaissance et gestion*. Edition HERMANN, France, mars 2004, p. 27.

COMMISSION DE PROTECTION DES EAUX, 11 août 2016, Disponible sur : [http:// les principaux- paramètre-des-eaux.html](http://les-principaux-parametre-des-eaux.html) (consulter le : 20/03/2020).

CHESNEL.M, *Encyclopédie Théologique : Dictionnaire sur toutes les parties de la science religieuse*, Edition. ABBÉ MIGNE aux ateliers catholique, N°3, France, 1858, p. 540.

CHARTIER.A, *Glossaire de génétique moléculaire et génie génétique*, Edition. QUAE, france, 1991, p. 40.

D

DESJARDINS, R. *Le traitement des eaux*, Edition, POLYTECHNIQUE, N°2, canada, 1997, p. 118. (ISBN : 978-2-553-00643-2).

DAHANE, S. *La preconcentration de micro polluant organiques dans l'eau et de leur extraction par des nanomatériaux*. Thèse de doctorat recherche : chimie organique. Oran : université d'Oran Es-senia, 2015, p. 220.

DE COLLECTIF, *poisons d'eau douce*, Edition. Artemis, france, 1999, p. 39.

DIRECTION DE RESSOURCE EN EAU. Bouira, Algérie.

E

EQUIPE TECHNIQUE DE REFEA. *Fiche d'analyse physico-chimique* [En ligne].2017, p. 4. Disponible sur :https://www.oieau.fr/ReFEA/fiches/analyseEau/physico_chimie_PresGen.pdf (Consulté le 19/02/2020).

F

FONDATION NATIONAL DE LA SANTE. *Manuel pratique d'analyse de l'eau*.4eme édition, Brasilia, 2013, p. 9.

G

GRAINDORGE, J. LANDOT, E. *la qualité de l'eau potable, technique et responsabilité*, Edition territorial, Bresson,2014,145p. (ISBN :978-2-8186-0727-5)

H

HOFFMANN, F, AULY, T, *et al. L'eau, les petits vocabulaires de la géographie*, Edition confluences, paris, 2014, p. 94.

HASLAY, C, LECLERC, H. *Microbiologie des eaux d'alimentation*, Edition technique et documentation-Lavoisier, paris,1993, p. 11. (ISBN :2-85206-918-0).

HADEF, D, HASNI, M. *Etude de la qualité physico-chimique et bactériologiques des eaux de l'Oued de Boutane région de Khemis-Miliana (wilaya. Ain Defla)* [En ligne]. Mémoire de master recherche : chimie pharmaceutique et substance naturelles. Khemis-Miliana : Université Djilali Bounaama de Khemis-Miliana,2017, p. 84.
Disponible sur : <http://dspace.univ-km.dz> (Consulté le 15/02/2020).

HOLFER, F. *Eléments de chimie minérale*, Edition, ASTOR LIBRARY, N°1, paris, 1841, p. 417.

HADDOU, M. *Dégradation de dérivés de l'acide benzoïque par les procédés d'oxydation avancée en phase homogène et hétérogène : procédés fenton, photo-fenton et photo-catalyse*. Thèse doctorat. Université TOULOUSE III - PAUL SABATIER. France. 2010, p. 196.

J

JOEL, G. *La qualité de l'eau potable, technique et responsabilités*, Paris, Novembre 2003.

K

KHALID, A. *La pollution de l'eau et ses impacts*. Rapport,2007, p. 36.

L

LE CHLORE. [En ligne]. Disponible sur : <http://www.lenntech.fr/chlore.htm>
(Consulté le 19/03/2020).

LABOULAYE, CH. *Encyclopédie technologique : dictionnaire des arts et manufactures*, Edition, G-Z, paris ,1847, p. 156.

LECUYER, CHRISTOPHE. *L'eau sur la terre : propriétés physicochimiques et fonctions biologiques*, Great Britain, Edition ISTE, 2014, p. 80-100 (ISBN :978-1-78406-028-2).

LE DELLIOU, P. *les barrages : conception et maintenance*, Edition : ENTRE, lyon,2003, p. 149. (ISBN :27297-0717-4).

LE BICARBONATE. [En ligne]. Disponible sur :
<https://www.étudier.com/dissertations/l'eau/66381715.html> (Consulté le 21/03/2020).

M

MANCEUR, Y, DJABALLAH, S. *Analyse microbiologique de l'eau distribuée dans la ville de Tébessa*. Mémoire de master recherche : Microbiologie appliquée à la santé et l'environnement. Tébessa : université Larbi Tébessa, 2016, p. 75

MARSILY, G. *livret sur l'environnement Les problèmes de l'eau en 26 questions*, académie des sciences instits de France, 2013.

MAZZUOLI, L. *la gestion durable de l'eau : ressource. Qualité. Organisation*. Edition Dunod, paris, 2012, p. 249 (ISBN :978-2-10-055026-5).

MANUEL DE LABORATOIRE DE L'ADE. Draa el Bordj, wilaya de bouira, 2020.

MIZI, A. *traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de Bejaia et valorisation de déchets oléicoles*. Thèse de doctorat d'état : université d'Annaba, Algérie, 2006.

MINISTERE DES RESSOURCES EN EAU. [En ligne],2018. Disponible sur :
<http://www.mre.gov.dz/presentation-de-lade/?lang=fr> (consulté le 19/03/2020).

MOTARD, P. *forage rotary : forage dirigé groupe 3 leçon 1*, Edition TECHNIP, paris,1973. (ISBN :2-7108-0130-2).

MARTINEAU, G. *Maladies d'élevage des porcs*, Editions. France Agricole, N°1, France,1997, p. 396. (ISBN : 2-85557-030-1).

N

NORME SUR L'EAU POTABLE. [En ligne]. Disponible sur :
<https://www.lennetech.fr/application/eau-potable.html> (consulté le 21/04/2020).

O

ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE. *Normes européennes applicables à l'eau de boisson* [En ligne]. 2^e Edition, Genève, 1971, p. 60.
Disponible sur : <https://apps.who.int/iris> (consulté le 18/03/2020).

P

PEBRET, F. *Maladies infectieuses : toutes les pathologies des programmes officiels*, Edition. L'if, 2003, p. 537.

PARCEVAUX, S et HIBER, I. *Bioclimatologie concepts et applications*, Edition, aqua, France, 2007, p. 366. (ISBN :978-2-7592-0047-4).

R

REDJEM, F, RAHMOUNI, R. *Evaluation de la qualité de l'eau potable distribuée dans la commune de Hamma Bouziane (wilaya de Constantine)*. Mémoire de master recherche : Ecologie fondamentale et appliquée. Constantine : Université des frères Mentouri Constantine, 2018, p. 66.

RODIER, J. *L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer*, Edition DUNOD, paris, 1996.

RODIER, J. *L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer*, Edition DUNOD, paris, 2005.

RODIER, J. *L'analyse de l'eau : Eau naturelles, Eau résiduaires, Eau de mer*. 9^e édition . Dunod, paris, 2009.

RODIER, J, BERNARD, L. *L'analyse de l'eau : contrôle et interprétation*, Edition DUNOD, N°10, paris, 2016.

ROBERT, H. *Qualité microbiologique des eaux brutes distribuées par BRL : exigence et conception d'un suivi adapté [En ligne]*. Mémoire de fin de formation : ingénieurs du génie sanitaire : école nationale de la santé publique, 1999, p. 81.

Disponible sur : <https://documentation.ehesp.fr/memoires/1999/igs> (Consulté le 02/03/2020).

S

SAVARY, P. *Guide des analyses de la qualité de l'eau*, bureau d'études spécialisé assistance à maîtrise d'ouvrage et expertises, paris, avril 2010, p. 100-181. (ISBN :978-2-35295-945-8).

T

TARDAT-HENRY M. BEAUDRY, J-P. *Chimie des eaux*, Edition le griffon D'argile, Canada, 1984, p. 27.

Anonyme 1 : Disponible sur : www.septemecontinent.com (Consulté le 02/02/2020).

Anonyme 2 : Disponible sur : www.googlemaps.com (Consulté le 24/02/2020).

Annexes

1. Classification de l'eau selon la turbidité usuelle (NTU)

Tableau 01 : Classes de turbidités usuelles (Joel, 2003).

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

2. Classification des eaux après leur pH

Tableau 02 : classe de pH (Reffa, 2017).

pH <5	Acidité forte, présence d'acide minéraux ou organique dans les eaux naturelles.
pH=7	pH neutre la majorité des eaux de surface
7 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines
pH=8	Alcalinité forte, évaporation intense

3. préparation de quelques solutions utilisée dans l'analyse physico-chimique

3.1. Solution de nitrate d'argent 0.02 N

Nitrate d'argent (AgNO_3) m=3.40g
 Eau distillée V=1000ml

3.2. Solution EDTA 0.02N=0.01M

EDTA m=3.725g
 Eau distillée V =1000 ml

3.3. Solution d'acide sulfurique 0.02 N

Acide sulfurique(H_2SO_4) V=0.54 ml
 Eau distillée V=1000 ml

3.4. Solution HCL 0.1 N

HCL V=8 ml
Eau distillé V=1000ml

3.5. Solution NaOH 0.1 N

NaOH m=1.124g
Eau distille V=275 ml

4. Etalonnage des appareils

4.1. Étalonage de conductivimètre

Réalisé chaque matiné avant de commencer le travail et après chaque 10 échantillon lors d'analyse à l'aide de la solution Standard de conductivité à 1000 μ s/m (HACH), de manière à introduire l'électrode de conductivimètre dans la solution et effectuer la lecture pour obtenir une valeur de 1000 μ s/cm.

4.2. Étalonage de pH-mètre

Réalisé chaque matiné à l'aide des trois tampons : solution tampon à pH 4,00, solution tampon à pH 7,00 et solution tampon à 10,00 ,d'une façon à introduire l'électrode dans la première solution puis la deuxième et la troisième solution, chaque fois qu'ont l'introduire il faut faire la lecture et bien rincer l'électrode avec de l'eau distillé.

Après chaque 10 échenillions analysées il faut effectuer un contrôle de pH-mètre par la solution tampon à pH 7.

4.3. Contrôle de turbidimètre

S'effectue après chaque 10 échantillons à l'aide de Standards : 20 NTU formazine (100ml), de façon à bien essuyer avec du papier hygiénique la cuvette de standard et la placer dans le turbidimètre et effectuer la lecture pour obtenir une valeur de 20 NTU.

5. contrôle de l'eau distillé utilisée dans l'analyse

S'effectue avant de commencer le travail, sa conductivité mesurée par le conductivimètre doit être inférieur à 5 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

6.Préparations des milieux de culture

6.1. Préparation de viande-foie

La viande-foie est sous forme de gel solide dans des flacons de 100 ml de couleur jaune. Liquéfier le milieu à 100°C au bain marie avant l'utilisation.

6.2. Préparation de Slanetz

Slanetz est présenté en forme solide dans des flacons de 180 ml en couleur orange.
-Liquéfier le milieu à 100°C au bain marie.
-Couler la gélose dans les boites de pétri petit diamètre, fermer la boite et Laisser refroidir.

6.3. Préparation de ENDO

L'ENDO est sous forme de gel solide dans des flacons de 100 ml de couleur mauve.
-Liquéfier le milieu à 100°C au bain marie avant l'utilisation.

7.composition de quelques milieux de culture

7.1. Bouillon de Schubert (en g/l d'eau distillée)

- Tryptophane.....	0,2
- Acide glutamique.....	0,2
- Sulfate de magnésium.....	0,7
- Citrate de sodium.....	0,5
- Sulfate d'ammonium.....	0,4
- Chlorure de Sodium.....	2
- Peptone.....	10
- Mannitol.....	7,5
- Phosphate disodique.....	4
-Phosphate monopotassique.....	0,6

pH final : $7,4 \pm 0,2$

7.2. Réactif de Kovacs

- Paradiméthylaminobenzaldehyde.....5 g
- Alcool iso-amylque.....75 ml
- Acide chlorhydrique.....25 ml

7.3. Gélose viande-foie en g/l d'eau distillée

- Base viande-foie.....30
- Glucose.....2
- Amidon.....2
- Agar.....11

pH final : $7,6 \pm 0,2$

8. Surveillance microbiologique de l'environnement dans la salle bactériologique

Les salles techniques peuvent être contaminées par des micro-organismes provenant des échenillions (prélèvement contaminé...) ou des milieux de culture. En outre, certains agents bactériologiques peuvent être introduits involontairement dans les locaux par le biais d'objets (collecteur de déchets) ou encore de personnes (chaussures, vêtements).

Une étude de contrôle stratégique a donc été effectuée dans la salle bactériologique du laboratoire de contrôle de qualité (ADE) pour diagnostiquer les éléments vecteurs de la contamination.

- A- Qualité de l'air ambiant :** pour la vérification de la qualité bactériologique de l'air. Une boîte de pétrie contenant un milieu gélosé (TGEA) est laissée ouverte pendant 4 heures, afin de recueillir les particules par sédimentation. Permettant de calculer les bactéries de l'air se déposant sur une surface précise.
- B- Qualité de surface de travail :** la méthode de contrôle d'écouvillonnage consiste à balayer une surface de la paillasse avec un écouvillon humide et d'inoculer celui-ci sur le milieu TGEA propice au développement des microorganismes
- C- Qualité de l'étuve :** Une boîte de pétrie contenant un milieu gélosé (TGEA) est laissée ouverte pendant 4 heures, afin de recueillir les particules par sédimentation. Permettant de calculer les bactéries présentes dans l'étuve.

9. Norme de potabilité

Dans les Tableaux suivants, des normes d'eau potable selon l'Algérie et selon l'OMS sont Données :

Tableau 03 : Normes des paramètres physico-chimiques (Algérienne des eaux).

Paramètre	Unité	Normes Algérienne	Normes OMS
pH	/	6,5 – 8,5	6,5 - 9,2
Température	C°	25	-
Conductivité	µs/cm	2800	-
Turbidité	NTU	5	5
Dureté total (TH)	Mg/L	500	500
Calcium	Mg/L	200	-
Magnésium	Mg/L	150	150
Bicarbonate HCO ₃ ⁻	Mg/L	-	-
Sulfate	Mg/L	400	250
Chlorure	Mg/L	500	250
Nitrate	Mg/L	50	50
Nitrite	Mg/L	0,2	0,1
Phosphate	Mg/L	0,5	0,5
Ammonium	Mg/L	0,5	-
Fer	Mg/L	0,3	0,3
TDS	Mg/L	-	-
Salinité	%	-	-
TAC	Mg/L	500	500
Chlore	Mg/L	0.6	0.7
Aluminium	Mg/L	0.2	0.2

Tableau 04 : Normes des paramètres bactériologiques (Algérienne des eaux).

Paramètres	Normes Algérienne	Normes OMS
Coliformes totaux / 100 ml	200	0
Coliformes fécaux / 100 ml	00	0
E. coli / 100 ml	00	0
Streptocoques fécaux / 100 ml	00	0
Clostridium / 100 ml	00	0
Les germes à 22° / 1ml	100	0
Les germes à 37° / 1 ml	10	0

Résumé

L'eau est l'un des éléments essentiels de la vie, son utilisation pour la consommation humaine nécessite un contrôle quotidien de sa qualité physico-chimique et bactériologique, elle doit être exempte de toute agent pathogène qui présente un danger potentiel pour la santé humaine.

Notre étude est portée sur l'évaluation des propriétés physico-chimiques et bactériologiques des eaux de consommations de la ville de Bouira afin de définir sa qualité. Dans le cadre de notre étude, les analyses ont été effectuées sur quatre échantillons en mesurant les paramètres physico-chimiques (pH, T°, cond, sal, Tds, etc) et en recherchant éventuellement les germes indésirables : Germes totaux, Coliformes totaux, Coliformes fécaux, Streptocoques fécaux et Clostridium sulfite-réducteurs. Les résultats obtenus montrent que Les analyses physico-chimiques présentent une bonne qualité et remplissent les critères de potabilité en se référant aux normes nationales et celles des directives de l'Organisation Mondiale de la Santé. En l'occurrence, les analyses bactériologiques révèlent l'absence des germes pathogènes de contamination fécale. Ce qui nous a mené à considérer que l'eau distribuée dans la ville de Bouira est de très bonne qualité et que sa consommation ne présente aucun danger pour la santé.

Mots clés : eau, eaux de consommations, qualité, analyses physico-chimiques, analyses bactériologiques, ville de Bouira.

ملخص

الماء هو أحد العناصر الأساسية للحياة، استخدامه للاستهلاك البشري يتطلب فحص يومي لجودته الفيزيو-كيميائية والبكتريولوجية، بحيث يجب ان يكون خال من أي ممرض يمثل خطرا محتملا على صحة الإنسان. ركزت دراستنا على تقييم الخصائص الفيزيو-كيميائية والبكتريولوجية لمياه الشرب في مدينة البويرة من أجل تحديد جودتها. في إطار دراستنا تم إجراء التحاليل على أربع عينات وذلك بقياس المعايير الفيزيو-كيميائية (درجة الحموضة درجة الحرارة التوصيل الكهربائي، الملوحة، مستوى الملح المذاب، الخ) والبحث عن الجراثيم غير المرغوب فيها: مجموع البكتيريا، ومجموع القولونيات، بكتيريا القولون البرازية، العقديات البرازية، كلوستريديوم. تظهر النتائج التي تم الحصول عليها ان التحاليل الفيزيو-كيميائية ذات نوعية جيدة توافي معايير قابلية الشرب من خلال الرجوع إلى المعايير الوطنية وتعليمات منظمة الصحة العالمية، في هذه الحالة، تكشف التحاليل البكتريولوجية عن عدم وجود الجراثيم المسببة للأمراض من التلوث البرازي. وبالتالي، نستنتج أن المياه الموزعة في مدينة البويرة ذات نوعية جيدة جدا ولا يشكل استهلاكها أي خطر على الصحة.

الكلمات المفتاحية: الماء، مياه الشرب، الجودة، التحاليل الفيزيو-كيميائية، التحاليل البكتريولوجية، مدينة البويرة.

Abstract

Water is one of the essential elements of life, its use for human consumption requires daily control of its physico-chemical and bacteriological quality, it must be free from any pathogenic agents presenting a potential danger to human health. Our study focused on the evaluation of the physico-chemical and bacteriological properties of drinking water from the city of Bouira in order to define their quality. As part of our study, the analyzes were carried out on four samples by measuring the physico-chemical parameters (ph, T°, cond, sal, Tds, etc) and possibly looking for unwanted germs: Total germs, total coliforms, fecal coliforms, fecal streptococci, Clostridium sulfite-reducing. The results obtained show that the physico-chemical analyzes are of good quality and meet the drinkability criteria by referring to the national standards and those of the directives of the World health organization, in this case, bacteriological analyzes reveal the absence of pathogenic germs from fecal contamination. This has led us to consider that the water distributed in the city of Bouira is of very good quality and that its consumption does not present any danger to health.

Key words: water, drinking water, quality, physico-chemical analyzes, bacteriological analyzes, city of Bouira.