



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



Faculté des Sciences et de la Technologie
Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme

de Master académique en

Filière : **Biologie**

Spécialité : **Biochimie appliqué**

Présentée par : **BOUDERBA**

ARDJANE

Sarah

Rekia

Thème

Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de sources de la wilaya de TISSEMSILT

Soutenu le :06/07/2021

Devant le Jury :

MOUSSAOUI.B

Président

Prof.

Univ-Tissemsilt

BEDDAL.A

Encadrante

M.C.A.

Univ-Tissemsilt

IMESOUDE.N.I

Examinatrice

M.C.B.

Univ-Tissemsilt

Année universitaire : 2020-2021

Remerciements

*Avant tous nous remercions **ALLAH**, le tout puissant de nous avoir
donné la santé, la volonté et la patience pour accomplir ce
mémoire.*

*En premier lieu, nous remercions notre encadreuse **M^{me}. BEDDAL.A** d'avoir
accepté de diriger ce travail par ses conseils, sa compétence et sa gentillesse.*

*Nous remercions aussi le membre jury composé par **Mr.MOUSSAOUI.B**
qui nous a fait l'honneur de présider ce jury en dépit de ses occupations.*

*Nous adressons aussi nos remerciements à **M^{elle}.IMESOUDANE.I**
d'avoir accepté d'examiner et d'évaluer ce travail.*

*Sans Oublier tous les enseignants du département des sciences de nature et de
vie .*

*Enfin, nous remercions, tous ceux qui de pré ou de loin, ont
contribué à la réalisation de ce travail.*

DEDICACES

Au nom de dieu le clément et miséricordieux

Je dédie ce modeste travail

*A tous ceux qui m'ont consacré le temps, la patience et les conseils pour me
soutenir*

A la mémoire de mon Père qui nous a quittés trop tôt,

A ma mère à qui je dois ma réussite,

A mon meilleur MOHAMED MOUTER

A ma binôme HANANE

A mes frères, mes sœurs, et leurs enfants,

Tous mes amis, et ma famille

Bien faible témoignage d'affection et d'amour.

SARAH

DEDICACES

Au nom de dieu le clément et miséricordieux

Je dédie ce modeste travail

*A tous ceux qui m'ont consacré le temps, la patience et
les conseils pour me soutenir à qui je dois ma réussite,*

A l'homme de ma vie ; mon époux KARIM

A mes chers parents

A mes enfants CELINE et ELINE

A ma binôme SARAH

A mes frères, mes sœurs,

Tous mes amis,

Bien faible témoignage d'affection et d'amour.

HANANE .

Résumé

RESUME

Avec la croissance démographique par le temps, l'exploitation des eaux non utilisées devient une nécessité. Une eau dite potable lorsqu'elle répond aux critères de la fraîcheur, limpidité, inodore, incolore et suffisamment, aérée légèrement minéralisée, absence de germe et substances toxiques avec gout agréable.

Dans le but de protéger la santé du consommateur des maladies à transmission hydrique, il est impératif de connaître les microorganismes présents dans cette eau, de les dénombrer, de les identifier et de contrôler l'efficacité des méthodes de traitement de cette eau.

A cet effet, le présent travail consiste à évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de deux sources (Ras Taza dans la région bordj el Amir Abdelkader et Ain Tokria dans la région de Khemisti), wilaya de Tissemsilt.

Les résultats de cette étude montrent que l'eau brute et traitée des deux sources est de bonne qualité physico-chimique et bactériologique. Ils répondent aux normes Algériennes (2006) avec une teneur de minéraux (Fe^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , HCO_3^- , Na^+ et K^+) ainsi les paramètres de pollution (matière oxydable, NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-).

Concernant l'analyse bactériologique, les résultats ont indiqué l'absence totale des indicateurs de contamination fécale. Ce qui nous a permis de confirmer que l'eau destinée à la consommation humaine de la ville de Bordj el Amir Abdelkader et Khemisti est de très bonne qualité sur le plan sanitaire après le traitement de chloration effectué sur l'échantillon de l'eau de source analysée.

Les abonnées favorisent les eaux de sources par rapport les eaux de surface (barrage Kodiet Rosfà) parce qu'elles sont soumises à un contrôle de qualité et permanent dans le but de protéger la santé et le bien être des consommateurs.

Mots clés : Eau de source, Paramètres physique et chimique, paramètres bactériologies, Qualité, Norme Algérienne .

ABSTRACT

With population growth over time, the exploitation of unused water becomes a necessity. So we called potable water when it meets the criteria of freshness, clarity, odorless, colorless and sufficiently, slightly mineralized aerated, absence of germs and toxic substances with a pleasant taste.

In order to protect the health of the consumer from water-borne diseases, it is imperative to know the microorganisms present in this water, to count them, to identify them and to monitor the effectiveness of the methods of treating this water.

To this end, the present work consists in evaluating the physico-chemical and bacteriological quality of the waters of two sources (Ras Taza in the bordj el Amir Abedelkader region and Ain Tokria in the Khemisti region), wilaya of Tissemsilt.

The results of this study show that the raw and treated water from both sources is of good physicochemical and bacteriological quality. They meet Algerian standards (2006) with a mineral content (iron, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , HCO_3^- , Na^+ and K^+) as well as the pollution parameters (oxidizable material, NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-).

Regarding the bacteriological analysis, the results indicated the complete absence of indicators of fecal contamination. This allowed us to confirm that the water intended for human consumption in the city of Bordj el Amir Abedelkader and Khemisti is of very good quality in terms of health after the chlorination treatment carried out on the sample of water from source analyzed.

The subscribers favor spring waters over surface waters (Kodiet Rosfa dam) because they are subject to constant quality control in order to protect the health and well-being of consumers.

Keywords: Spring water, Physical and chemical parameters, bacteriological parameters, Quality, Algerian Standard

الملخص

مع النمو السكاني بمرور الوقت، أصبح استغلال المياه غير المستخدمة ضرورة. يسمى الماء الصالح للشرب عندما يفي بمعايير النضارة، والوضوح، وانعدام الرائحة و اللون، و توفر المعادن بدرجة كافية ، وغياب الجراثيم والمواد السامة .

من أجل حماية صحة المستهلك من الأمراض التي تنقلها المياه ، من الضروري معرفة الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في هذه المياه ، وحصرها ، والتعرف عليها ، ومراقبة فعالية طرق معالجة هذه المياه.

تحقيقا لهذه الغاية ، يتمثل العمل الحالي في تقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية لمياه مصدري (رأس تازة في منطقة برج الأمير عبد القادر وعين تكرية في منطقة خميستي) ، ولاية تيسمسيلت.

أظهرت نتائج هذه الدراسة أن المياه الخام والمعالجة من كلا المصدرين ذات جودة فيزيائية وكيميائية وبكتريولوجية جيدة. إنها تلبى التعليمات الجزائرية المؤرخة سنة (2006) (بمحتوى معدني (الحديد ، Ca^{+2} ، Cl^- ، Mg^{2+} ، HCO_3^- ، Na^+ et K^+) بالإضافة إلى معايير التلوث (المواد القابلة للأكسدة ، NH_4^+ ، NO_2^- ، NO_3^-).

فيما يتعلق بالتحليل البكتريولوجي ، أشارت النتائج إلى الغياب التام لمؤشرات التلوث البرازي. وقد أتاح لنا ذلك التأكد من أن المياه المعدة للاستهلاك الآدمي في مدينة برج الأمير عبد القادر وخميستي ذات نوعية جيدة جدًا من الناحية الصحية بعد المعالجة بالكلور التي أجريت على عينة المياه من المصدر التي تم تحليلها.

يفضل المشتركون مياه الينابيع على المياه السطحية (سد كدية الرصفة) لأنها تخضع لرقابة مستمرة للجودة من أجل حماية صحة ورفاهية المستهلكين.

الكلمات المفتاحية: مياه الينابيع ، المعايير الفيزيائية والكيميائية ، المعايير البكتريولوجية ، الجودة ، التعليمات

الجزائرية

Liste Des Tableaux

LISTE DES TABLEAUX

LA LISTE DES TABLEAUX

Tableau N°	Titre	Pages
01	la composition isotopique moyenne de l'eau	03
02	Classification des eaux d'après leur pH	09
03	prélèvement des échantillons pendant le mois d'Avril et Mai	18
04	Durée de conservations de l'eau pour chaque paramètre physico-chimique analysé selon Rodier (2005)	20
05	tableau récapitulatif du mode opératoire des analyses bactériologiques	32
06	Aspect macroscopique qui se base sur la couleur des colonies	32
07	Résultats des paramètres physico-chimiques de l'eau brute et traitée des deux sources Ras Taza et Ain Tokria	36
08	Résultats des analyses bactériologiques de l'eau de source brute et traitée pendant le mois Avril et Mai comparé avec les normes Algérienne de Potabilité des eaux (J. O. R. A. N°27, 2006)	41

Liste Des figures

LA LISTE DES FIGURES

Figure n°	Titre	Pages
01	La structure de la molécule d'eau	02
02	Des Escherichia coli	13
03	Des streptocoques fécaux	13
04	Les Clostridium sulfito-réducteurs (CSR)	14

Liste Des Abréviations

LISTE DES ABREVIATIONS

LISTE DES ABREVIATIONS

ADE: Algériennes des eaux

EDTA : Sel diso sodique d'acide éthylène diamine tetracétique

EVA : éthyle violet acide

N°: numéro

NA : norme algérienne

nm : nanomètre

NTU : néphalo turbidité unité

OMS : organisation mondiale de santé

P : précipitation

PH : potentiel d hydrogène

T: température

UFC : unité formant une colonie

µS : micro siemens

E. Coli : *Escherichia coli*

CSR : Clostridium sulfuto réducteur

P : polyéthylène

V : verre

Mg/l : milligramme par litre

TH : Dureté de l'eau

EB : Eau brute

ET :Eau traité

NA : Norme Algérienne

°c : degré Celsius

VF : Viande du foi

LISTE DES ABREVIATIONS

TAC :titre alcalimétrique complet

DPD : Détyl-P-phénylène diamine.

BEA :Bile Esculine Agar

λ :longueur d'onde

J.O.R.A : journal officiel république algérienne

/ : Nombre indéterminé

TA : titre alcalimétrique

FAO : Food and Agriculture Organization of the United Nations

Sommaire

SOMMAIRE

Remerciements

Dédicace

Résumé

Abstract

ملخص

La liste des tableaux

La liste des figures

La liste des abréviations

INTRODUCTION

Partie bibliographique

CHAPITRE I Généralité sur l'eau

I.1 Composition de la molécule d'eau	02
I.2 Différent états de l'eau	03
I.3 Origine de l'eau	03
I.3.1 Eaux souterraines	03
I.3.2 Eaux de surface	04
I.3.3 Eaux de source	04
A : Sources d'affleurement	04
B : Sources de déversement	04
C : Sources d'émergence	04
I.3.3.1 Les types d'eau de source	05
I.3.3.1.1 L'eau de source brute	05
I.3.3.1.2 L'eau de source traitée	05
a. L'eau potable	05
b. L'eau minérale	05
I.4 Traitement de l'eau	06

CHAPITRE II Qualité de l'eau

II.1 Critères organoleptiques	08
II.1.1 Couleur	08
II.1.2 Odeur	08
II.1.3 Goût et saveur	08
II.2 Critères physico-chimiques	08
II.2.1 Température	08

SOMMAIRE

II.2.2 Potentiel d'hydrogène « pH »	09
II.2.3 Turbidité	09
II.2.4 Conductivité	09
II.2.5 Sels Minéraux Dissous	10
a) Cations	10
➤ Ions calcium (Ca^{2+})	10
➤ Ions Magnésium (Mg^{2+})	10
➤ Ions Sodium (Na^{2+})	10
➤ Ions de Potassium (K^+)	10
➤ Ions Ammonium (NH_4^+)	10
➤ Ion Fer (Fe^{2+})	11
a) Anions	11
➤ Ions Chlorures (Cl^-)	11
➤ Ions Phosphates (PO_4^{3-})	11
➤ Ions nitrates (NO_3^-) et nitrites (NO_2^-)	11
II.3 Critères bactériologiques	11
II.3.1 Les coliformes	12
II.3.1.1 Les coliformes totaux	12
II.3.1.2 Les coliformes fécaux	12
II.3.2 Les streptocoques fécaux	13
II.3.3 Les Clostridium sulfito-réducteurs	14

Partie expérimentale

CHAPITRE III Matériels et méthodes

Objectif	17
III.1 Matériels et méthodes	17
III.1.1 Matériels	17
III.1.2 Méthodes	18
III.1.2.1 Echantillonnage	18
III.1.2.1.1 Prélèvement de l'eau source brute	19
III.1.2.1.2 Prélèvement de l'eau source traitée	19
III.1.2.2 Conservation des échantillons	19
III.2 Détermination des paramètres organoleptiques	22
III.3 Test de chlore	22

SOMMAIRE

III.4 Détermination des paramètres physico-chimiques	22
III.4.1 La température	22
III.4.2 Le potentiel hydrogène (pH)	22
III.4.3 Mesure de la conductivité électrique	23
III.4.4 Détermination de la turbidité	23
III.4.5 Détermination les éléments de pollution	23
III.4.5.1 Détermination matière oxydable	23
III.4.5.2 Détermination de nitrites (NO_2^-) par méthode colorimétrique	24
III.4.5.3 Détermination des nitrates (NO_3^-)	24
III.4.5.4 Détermination de l'azote ammoniacal (NH_4^+)	25
III.4.6 Minéralisation globale	25
III.4.6.1 Détermination de l'alcalinité (HCO_3^-)	25
III.4.6.2 Détermination des phosphates (PO_4^{3-})	26
III.4.6.3 Détermination du calcium (Ca^{2+}) et du magnésium (Mg^{2+})	27
III.4.6.4 Détermination des chlorures (Cl^-)	29
III.4.6.5 Détermination de la concentration en ions (Na^+) et (K^+)	30
III.4.7 Paramètre indésirables	30
III.4.7.1 Détermination de la concentration des ions de fer (Fe^{2+})	30
III.4.7.2 Dosage des ions manganèse (Mn^{2+})	30
III.5 Analyses bactériologique	31
CHAPITRE IV Résultats et discussion	
IV.1 Paramètres organoleptiques	35
IV.2 Test de chlore	35
IV.3 Résultats de l'analyse des paramètres physico-chimiques	35
IV.3.1 Température	35
IV.3.2 pH	37
IV.3.3 Conductivité électrique	37
IV.3.4 Turbidité	37
IV.3.5 Nitrate (NO_3^-) et nitrite (NO_2^-)	37
IV.3.6 L'ammonium (NH_4^+)	37
IV.3.7 Matière Oxydable	38
IV.3.8 Bicarbonates (HCO_3^-)	38
IV.3.9 Calcium (Ca^{2+}) et Magnésium (Mg^{2+})	38

SOMMAIRE

IV.3.10 Dureté de l'eau TH	38
IV.3.11 Chlorure (Cl ⁻)	39
IV.3.12 Phosphate (PO ₄ ⁻³)	39
IV.3.13 Sodium (Na ⁺)	39
IV.3.14 Potassium (K ⁺)	39
IV.3.15 Fer (Fe ²⁺)	40
IV.3.16 Manganèse (Mn ²⁺)	40
IV.4 Les résultats de l'analyse des paramètres bactériologiques	40
CONCLUSION	44
Référence bibliographique	46
ANNEXE	51

Introduction

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Sur le plan mondial, la demande en eau potable de bonne qualité devient de plus en plus forte. L'eau constitue un élément vital, pour le développement et le maintien de la vie sur notre planète, pour cela il faut préserver et assurer la persistance continue de l'eau, non seulement pour fournir à l'homme une quantité suffisante pour ces besoins alimentaires. **(Rodier., 2009)**

Sur le plan physiologique et cellulaire, l'eau avec sa composition ionique présente un impact physiologique de grande précision sur les échanges membranaires et particulièrement dans la cellule nerveuse et sur le fonctionnement des reins.

Pour cela, l'eau doit faire l'objet de nombreux contrôles physico-chimiques et bactériologiques.

Notre travail s'intéresse à l'étude de la qualité d'une eau de deux sources différentes, dans la région KHMISTI (de Ain Tokria) et BORJ AMIR AEK (Ras Taza) dans la wilaya de Tissemsilt)

Pour atteindre ce but, des analyses physico-chimiques et bactériologiques ont été effectuées sur des échantillons d'eau brute et traitées de deux sources naturelles (Ras Taza et Ain Tokria) au niveau de laboratoire de l'Algérienne des eaux (ADE) de la wilaya de Tissemsilt.

Cette étude est répartie comme suit :

- Une partie théorique consacrée aux généralités sur l'eau, aux différents types d'eau de sources et à la qualité de l'eau.

- Une partie expérimentale qui comporte deux chapitres ; l'un présente le matériel et les différentes techniques d'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de source, l'autre est réservé à la présentation des différents résultats obtenus et leur comparaison avec les normes Algériennes et internationales et internationale (OMS).

Partie bibliographique

Chapitre I

Généralités sur L'eau

CHAPITRE I

Généralité sur l'eau

Selon l'organisation mondiale de la santé, l'eau ne se trouve jamais à l'état pur (H_2O). Elle contient toujours des éléments minéraux et organiques ou encore des microorganismes. L'eau potable est une eau dont on considère, à l'aune de normes de qualité, qu'elle peut être bue, cuite ou utilisée à des fins domestiques et industrielles sans danger pour la santé. (OMS ., 2021)

L'eau est un liquide incolore, inodore, sans saveur et de pH neutre. (Perry ., 1984)

C'est un excellent solvant entrant dans la composition de la majorité des organismes vivants. (Bernard ., 2007)

L'eau s'allie avec certains sels pour former des hydrates et réagit avec des oxydes des métaux pour former des acides. Elle est utilisée comme catalyseur dans de nombreuses réactions chimiques importantes. (Encarta ., 2006)

L'eau se trouve presque partout sur la terre et est vitale pour tous les organismes vivant connus. Près de 70,8 % de la surface de la terre est recouvert d'eau, essentiellement sous forme d'océans. (Bernard ., 2007)

Une étendue d'eau peut être un océan, une mer un lac, un étang, un fleuve, une rivière, un ruisseau, ou un canal. (Bernard ., 2007)

I.1 Composition de la molécule d'eau

Bien que la formule moléculaire de H_2O soit relativement simple, (figure 1) il existe de nombreuses combinaisons possibles d'hydrogène et d'oxygène, et chaque élément possède plusieurs isotopes. (Boeglin., 2001)

Par conséquent, l'eau pure est un mélange de plusieurs molécules, chimiquement identiques, mais ayant des propriétés physiques différentes. Cependant, l'eau ordinaire est principalement composée de molécules H_2O_{16} comme le montre le **tableau n° 01**

Tableau n°01 : la composition isotopique moyenne de l'eau

Molécule	Abondance relative (% en masse)
$^1\text{H}_2^{16}\text{O}$	99,70
$^2\text{H}_2^{16}\text{O}$ ou D_2O	0,000002
$^3\text{H}_2^{16}\text{O}$ ou T_2O	Traces
$^1\text{H}_2^{18}\text{O}$	0,20
$^1\text{H}_2^{17}\text{O}$	0,04
$^1\text{H}^2\text{H}^{16}\text{O}$ ou HDO	0,03



Figure n°01: structure de la molécule d'eau (Boeglin., 2001)

I.2 Différent états de l'eau

Comme pour la plupart des corps, l'eau peut se présenter sous trois états ou phases : Solide (glace), liquide (eau proprement dite), et gazeux (vapeur d'eau) selon les conditions de température et de pression. Ces trois phases coexistent dans la nature, deux à deux, plus ou moins dééquilibrées : Eau-glace, glace-vapeur, eau-vapeur.

Il existe cependant un point, dit point triple pour lequel les trois phases sont rigoureusement en équilibre, à la température de 0.01 C° et sous une pression de 406 mm Hg (613 Pa). (Boeglin., 2001)

I.3 Origine de l'eau

I.3.1 Eaux souterraines

Les eaux souterraines constituent 22% des réserves d'eau douce. Leur origine est due à l'accumulation des infiltrations dans le sol qui varient en fonction de sa porosité et de sa structure géologique. Elles se réunissent en nappes. (Claude ., 1999)

Ces eaux sont détectées dans les profondeurs des nappes phréatiques reflétant leurs

propres caractères dont les plus importants sont : La faible turbidité, une contamination bactérienne moins importante, une température constante avec un indice de couleur faible par contre leur concentration en fer et manganèse est très élevée. **(Gommella ., 1978)**

I.3.2 Eaux de surface

Les eaux de surface se répartissent en eaux circulantes (courantes) ou stockées (stagnantes). Elles se forment à partir, soit de l'émergence de nappes profondes en source, soit du rassemblement d'eau de ruissellement. **(Degremont., 2005)**

Elles sont généralement riches en gaz dissous, en matières en suspension et organiques, ainsi qu'en plancton. Elles sont très sensibles à la pollution minérale et organique du type nitrate et pesticide d'origine agricole. **(Claude., 1999)**

I.3.3 Eaux de source

Une Eau de Source est une eau d'origine souterraine, protégée, microbiologiquement saine. Elle doit respecter dans son état naturel les caractéristiques de qualité microbiologique des Eaux Minérales Naturelles ainsi que les caractéristiques de qualité physico-chimique des eaux destinées à la consommation humaine **(Barraque., 2006)** On distingue trois principaux types de sources :

A. Sources d'affleurement

Lorsque la couche imperméable inférieure d'une nappe aquifère affleure le sol d'une vallée, l'eau de cette nappe apparaît à la surface sous forme d'un chapelet de sources. Elles apparaissent surtout dans des terrains calcaires ou cristallins, les sources thermo minérales appartiennent à cette catégorie. **(Vilagines., 2000)**

B. Sources de déversement

Ce type de sources se rencontre dans les terrains fissurés en surface, calcaires et surtout granites (le réseau de fissures vient rencontrer la surface du sol, avec une pente qui permet d'y conduire l'eau). **(Bonnin., 2002)**

Généralement leur débit est faible, pratiquement constant et peuvent facilement tarir. Aussi n'envisagera-t-on leur captage qu'en l'absence d'autres possibilités. **(Bonnin., 2002)**

C. Sources d'émergence

Bien que la couche perméable soit fissurée en direction de sol, on peut avoir un débit alimentant un trou d'eau, souvent envahi de végétation par une ou plusieurs fractures ou l'on

peut voir l'eau bouillonner. Le débit localisé de ces sources est souvent important, leur risque de tarissement est inégal. (Gomella et Guerree., 2004)

I.3.3.1 Les types d'eau de source

I.3.3.1.1 L'eau de source brute

Les eaux de source brutes sont des eaux sans traitement de potabilité, elles sont classées en trois catégories ; selon l'intensité du procédé de traitement : (Jacque ., 2010)

1. qualité bonne, traitement physique simple et désinfection.
2. qualité moyenne, traitement normal physique chimique et désinfection
3. qualité médiocre, traitement physique chimique posé, affinage et désinfection.

I.3.3.1.2.L'eau de source traitée

Eau de source traitée est une eau pure et naturelle dont la composition s'avère bénéfique pour la santé, protégée de toute les pollutions et apte à la consommation humaine on distingue deux types d'eau de source traitées, eau potable par traitement de chloration et eau minérale naturelles doit en principe répondre à l'émergence aux critères de potabilité. (Bouhaous, 2012)

a. L'eau potable

Une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé. Les normes qui sont établies et qui fixent notamment les teneurs limites pour un certain nombre de substances nocives et susceptibles d'être présenter dans l'eau ne signifient pas qu'elle soit polluante de matières nocives mais que leur concentration a été jugée suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé de consommateur ,selon ces normes une eau potable doit être exempte de germes pathogènes (bactérie ,virus ou d'organisme parasites) ou certaines substances chimiques comme les éléments indésirables toxiques et les métaux lourds. (Jacque.,2010)

b. L'eau minérale

Les eaux minéraux sont des eaux profondes qui ont une composition physico-chimique constante au fil du temps et répond à des exigences microbiologiques plus strictes que les autres eaux destinées à la consommation humaine. Ce type d'eau, distribué en bouteille avec certain traitement physico-chimique pour limiter la concentration des éléments indésirable présente des propriétés thérapeutiques (Jacque., 2010).

I.4 Traitement de l'eau

Les eaux brutes destinées à la consommation, quelque soit d'origine superficielle ou profonde, sont souvent trop chargées en particules ou en polluant divers. Avant leur utilisation et leur distribution aux consommateurs, elles doivent impérativement faire l'objet de plusieurs procédés de traitement et de désinfection. **(Valentin., 2000)**

Parmi les techniques récentes de stérilisation de l'eau potable et en plus des méthodes de plus en plus perfectionnées de chloration et de stérilisation de l'eau à l'ozone, on relève actuellement de nouvelles méthodes d'ultrafiltration de l'eau qui utilisent des membranes, capables d'arrêter toute particule ou substance dont la taille est supérieure à des pores infiniment petites. C'est la nano filtration. **(Berné et Cordonnier., 1991)**

Classiquement, selon les moyens disponibles et par rapport au coût des installations, la chloration reste le procédé le moins coûteux et le plus efficace dans les conditions actuelles pour la stérilisation de l'eau de source à l'échelle individuelle, industrielle et pour le réseau d'alimentation. **(Bouziანი., 2000)**. En ce qui concerne l'eau de source, la chloration s'effectue en procédant selon les étapes suivantes :

Un lavage avec curage et brossage des parois de la chambre de captage, après un vidange suivie d'un rinçage et d'une désinfection de la chambre de captage par une solution concentrée de chlore préparée en dissolvant 50 gr de chlorure de chaux dans 10 à 15 litres d'eau. **(Bouziანი., 2000)**

Le contact désinfectant/eau doit persister au moins pendant 12 heures. La reprise de l'adduction d'eau, pour l'alimentation de la collectivité se normalise dès que le taux de chlore résiduel dans l'eau de source est de 0,7 mg/l. **(Bouziანი., 2000)**

Chapitre II

Qualité de l'eau

CHAPITRE II

Qualité de l'eau

La qualité de l'eau fait référence aux caractéristiques organoleptiques, physico-chimiques et bactériologiques de l'eau. C'est une mesure de l'état de l'eau par rapport aux besoins des êtres vivants. Elle est utilisée plus fréquemment en référence à un ensemble de normes permettant d'évaluer la conformité. (Rodier., 2009)

II.1 Critères organoleptiques

Les critères organoleptiques (couleur, saveur, et odeur) constituent souvent les facteurs d'alerte pour une pollution sans présenter à coup sûr un risque pour la santé. (Genoudet., 2002)

II.1.1 Couleur

La couleur de l'eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux substances en solution, et apparente quand les substances en suspension y ajoutent leurs propres colorations. Une eau colorée n'est pas agréable pour la boisson, car elle provoque toujours un doute sur la potabilité. (Franck., 2002)

II.1.2 Odeur

Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore. En effet, toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition. Ces substances sont en général en quantité si minime qu'elles ne peuvent être mises en évidence par les méthodes d'analyse ordinaire. (Rodier., 2009)

II.1.3 Goût et saveur

Les eaux de consommation doivent posséder un goût et une odeur « non désagréable» Ces deux propriétés sont simultanément excitées et elles sont extrêmement difficile de les distinguer l'un de l'autre, il n'existe aucun appareil pour les mesurer. Les problèmes de goût et d'odeur sont la cause principale des plaintes formulées par les usagers. (Rodier.,2005)

II.2 Critères physico-chimiques**II.2.1 Température**

La température est un paramètre important dans l'étude et la surveillance des eaux qui influence ses propriétés physiques et chimiques (solubilité des sels, des gaz). Cependant,

toute variation de la température de l'eau entraîne une modification du comportement des traitements appliqués. Il est donc important de connaître la température de l'eau et ses variations saisonnières, afin de pouvoir optimiser les traitements. **(Rodier., 2005)**

II.2.2 Potentiel d'hydrogène « pH »

L'eau naturelle pure est neutre, le pH d'une eau représente son acidité ou alcalinité (**tableau n° 2**). C'est le paramètre le plus important de la qualité de l'eau, il doit être surveillé au cours de toute opération de traitement. **(Rodier., 2005)**

Tableau n°02 : Classification des eaux d'après leur Ph. (Apfelbaum,1995)

Potentiel d'hydrogène	Caractéristiques de l'eau
Ph < 5	Acidité forte => présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
Ph = 7	pH neutre
7 < pH < 8	Neutralité approche => majorité des eaux de surface.
5.5 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines.
pH = 8	Alcalinité forte, évaporation intense.

II.2.3 Turbidité

C'est la réduction de la transparence de l'eau due à la présence de matière non dissoute. **(Lanteigne., 2003)**

La turbidité élevée de l'eau révèle la précipitation de fer, aluminium ou manganèse due à une oxydation dans le réseau. **(Jean ., 2002)**

Elle est mesurée en unité néphelométrique. (NTU). **(Lanteigne., 2003)**

II.2.4 Conductivité

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. **(Rodier., 2005)**

Selon **Mens et Derouane (2000)**, elle est variable en fonction de la température de l'eau, et proportionnelle à la minéralisation. La conductivité est exprimée en micro siemens

par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$). (**Gaujour ., 1995**)

II.2.5 Sels Minéraux Dissous

a) Cations

➤ Ions calcium (Ca^{2+})

Le calcium ne peut en aucun cas poser des problèmes de potabilité, le seul inconvénient domestique lié à une dureté élevée est l'entartrage. Par contre, les eaux douces peuvent entraîner des problèmes de corrosion des canalisations. (**Gaujour., 1995**).

Selon **Rodier (2005)**, l'eau potable de bonne qualité renferme de 100 à 140 mg/L de calcium

➤ Ions Magnésium (Mg^{2+})

Le magnésium est un élément indispensable à la vie en jouant un rôle important dans la respiration. Son origine est naturelle (dissolution des roches magnésite basaltes, argiles) ou industrielle (industrie de la potasse de cellulose, brasserie). La dureté magnésienne de l'eau représente ordinairement le tiers de la dureté totale. Le magnésium en excès donne une saveur amère à l'eau. (**Kemmer., 1984**)

➤ Ions Sodium (Na^{2+})

Le sodium est un métal alcalin. Son origine peut être naturelle (mer, terrain salé), humaine (10 à 15 g NaCl dans les urines /jour), ou industrielle (potasse, industrie pétrolière). Les eaux très riches en sodium deviennent saumâtres, prennent un goût désagréable et ne peuvent pas être consommées. (**Rodier ., 2005**)

➤ Ions de Potassium (K^+)

Le potassium règle la teneur en eau à l'intérieur des cellules (**Mercier., 2000**). En effet, c'est un métal alcalin, étroitement rattaché au sodium à tel point, qu'il est rarement analysé comme un constituant à part dans les analyses de l'eau. Sa présence est moins répandue dans la nature (**Kemmer.,1984**).

➤ Ions Ammonium (NH_4^+)

Dans l'eau, L'azote réduit soluble se retrouve sous deux formes; l'ion ammonium (NH_4^+) et la seconde non dissociée communément appelée ammoniacque (NH_3). (**Gaujour ., 1995**)

En ce qui concerne la toxicité de l'ammoniaque, il est reconnu que ce n'est pas la forme ammoniacale ionisée qui est toxique, mais celle non ionisée dont la proportion dépend du PH et de la température. (Rodier., 2009)

➤ **Ions Fer (Fe^{2+})**

Ce métal à l'état ferreux est assez soluble dans l'eau. Les besoins pour l'organisme humain se situent entre 2 et 3 mg/j. Cependant, 60 à 70% de la quantité intégrée sont seulement métabolisés. (Rodier., 2005)

b) Anions

➤ **Ions Chlorures (Cl^-)**

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

➤ **Ions Phosphates (PO_4^{-3})**

Les phosphates sont généralement responsables de l'accélération du phénomène d'eutrophisation dans les lacs ou les rivières. S'ils dépassent les normes, ceux-ci sont considérés comme indice de contamination fécale entraînant une prolifération des germes, modification de goût et de coloration. (Rodier., 2005)

➤ **Ions nitrates (NO_3^-) et nitrites (NO_2^-)**

Les nitrites et nitrates sont des ions présents de façon naturelle dans l'environnement. Ils sont le résultat d'une nitrification de l'ion ammonium (NH_4^+). Les nitrites sont formés par dégradation de la matière azotée mais ils sont rapidement transformés en nitrates dans les sources d'eau potable. (Lepeltie ., 2005)

Dans les eaux, la quantité des nitrates maximale admissible est fixée de 50 mg/L. (Coulais., 2002)

II.3 Critères bactériologiques

L'eau destinée à l'alimentation humaine contient une multitude de microorganismes pathogènes, agents d'infections humaines redoutables. Ce sont des bactéries, des virus, voire des champignons et des algues (Haslay et Leceler., 2003). Parmi les bactéries les plus

recherchées pour évaluer la qualité bactériologique d'une eau, on distingue :

II.3.1 Les coliformes

Le terme *coliforme* regroupe un nombre d'espèces bactériennes appartenant en fait à la famille des *Enterobactériaceae*, dont la caractéristique classique est la fermentation du lactose avec production de gaz. Ils se divisent en deux catégories:

II.3.1.1 Les coliformes totaux

Sous le terme de « coliformes » est regroupé un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant en fait à la famille des *Enterobacteriaceae*. Ils correspondent à des bacilles Gram négatif, non sporulés, aéro/anaérobies facultatifs, possèdent des propriétés caractéristiques de structure et de culture à 35-37°C, ils sont sensibles au chlore. (Helene.,2000)

II.3.1.2 Les coliformes fécaux

Les coliformes fécaux ou thermo-tolérants correspondent à des coliformes qui présentent les mêmes propriétés caractéristiques des coliformes après incubation à la température de 44 °C (Edberg *et al.*, 2000). Ils constituent un indice de contamination d'origine fécale (Franck ., 2002). L'espèce la plus fréquemment associée aux coliformes fécaux est *Escherichia coli* (figure n°02). Cette dernière représente toutefois 80 à 90% des coliformes thermo-tolérants détectés. (Maiga., 2005)

Intérêt de la recherche et de dénombrement d'*E. Coli*: Selon l'OMS, l'indicateur le plus précis pour estimer la pollution fécale est en fait *E. coli*, (figure n°02) en raison de son abondance dans les fèces humaines (jusqu'à 1 milliard de bactéries par gramme de matière fraîche), et de sa persistance pour être recherché (sa durée de détection dans l'eau à 20°C varie d'une semaine à un mois). (Debabza., 2005)

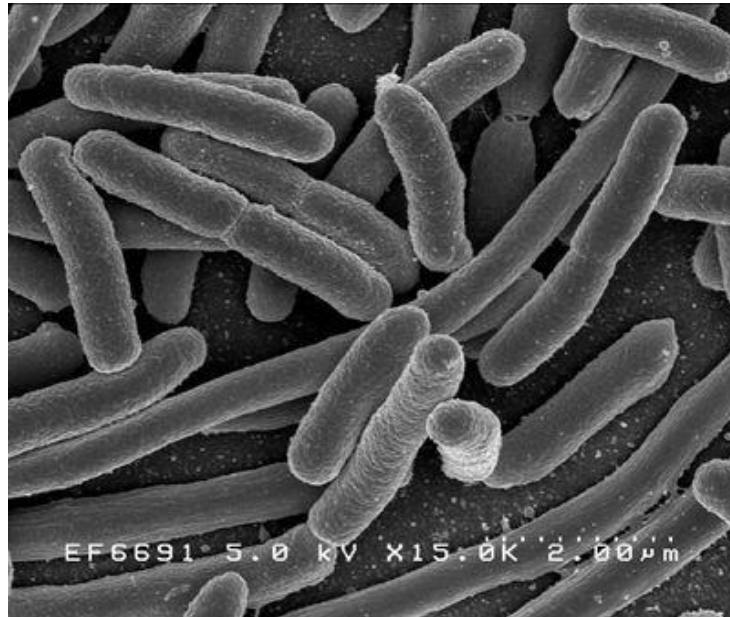


Figure n°02 : des Escherichia coli

II.3.2 Les streptocoques fécaux

Ce sont les streptocoques du groupe D (**figure n°03**). Elles sont des bactéries sphériques groupées en paires ou en chaînes, Gram positif, catalase négatif et anaérobies facultatives. Ce groupe est divisé en deux sous groupes : *Enterococcus* et *Streptococcus*. (Seghir., 2008)

Intérêt du dénombrement des streptocoques fécaux: La présence des streptocoques fécaux dans les eaux naturelles indique un signe de contaminations fécal. (Maiga.,2005)

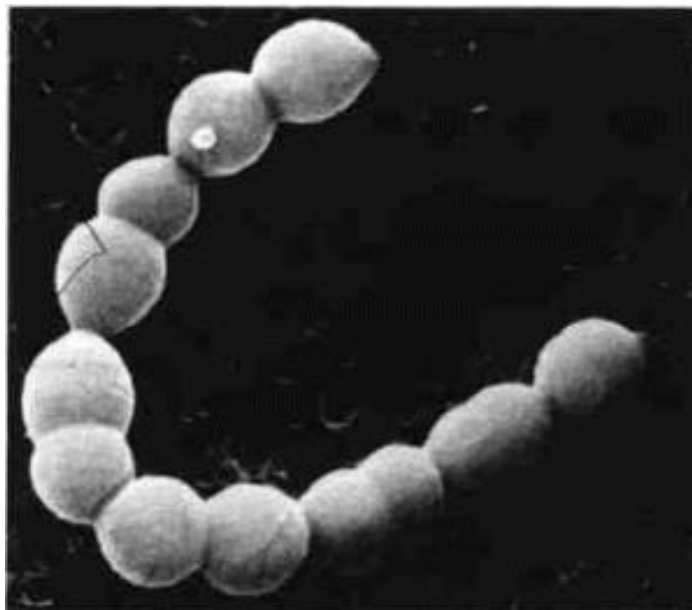


Figure n°03 : les streptocoques fécaux (Franck ., 2002)

II.3.3 Les Clostridium sulfito-réducteurs

Ce sont des bactéries à Gram positif mesurant 4 à 6µm de long et 1 à 2µm de large produisant des spores dont le plus caractéristique est Clostridium perfringens (**figure n °04**). Elles font partie de la flore tellurique naturelle, aussi bien que dans les matières fécales humaines et animales. C'est pourquoi, leur utilisation en tant qu'indicateurs de contamination fécale d'une eau n'est pas très spécifique. (Maiga., 2005)



Figure n° 04 : Les Clostridium sulfito-réducteurs (CSR). (Rodier., 1996).

Partie expérimentale

Chapitre III

Matériel et méthode

CHAPITRE III

Matériels et méthodes

Notre présent travail a été réalisé au laboratoire de l'Algérienne Des Eaux (ADE) de la wilaya de TISSEMSILT Durant 21 jour (de 20/04/2021 à 10/05/2021).

Objectif

L'objectif de notre travail est d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux brutes et traitées de deux sources naturelles Ras TAZA (Borj Amir Abdelkader) et Ain Tokria (Khmisti) en comparant leurs résultats d'analyse physico-chimique et bactériologique obtenus le mois Avril et Mai.

III.1 Matériels et méthodes**III.1.1 Matériels**

- Balance analytique, AND, GR-200 EC.
- Agitateur magnétique chauffante, FALC, F60.
- Turbidimètre, HACH 2100N.
- Multiéléments, HACH company BOX 389.
- Plaque chauffante, FALC, PV 250.
- Spectrophotomètre, HACH ostyssey, DR/2500.
- pH mètre, SCHOTT GERÄTE CG822.
- Thermomètre.
- Bain-marie, FALC, WB M15.
- Etuve, Binder GmbH bergstr.
- Bec bunsen.
- Autoclave
- Réfrigérateur
- La rampe de filtration.
- Verreries propres et spécifique à chaque usage.
- Boîte de Pétri, tubes à essai

III.1.2 Méthodes

III.1.2.1 Échantillonnage

A fin d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux brutes et traitées des deux sources naturelles (Ras Taza et Ain Tokria), deux échantillons d'eau brute et traitée de chaque source est prélevé par mois (Avril et mai), dans des flacons stériles, comme le montre le **tableau n°03**. L'un des échantillons est destiné à l'analyse physico-chimique, l'autre pour l'analyse bactériologique.

Tableau n°03 : prélèvement des échantillons pendant le mois d'Avril et Mai

Eau de source	Lieu de prélèvement	Date de prélèvement	Date des analyses	
			Physico-chimique	Bactériologique
Eau brute	Source Ras TAZA	20.04.2021 02.05.2021	20.04.2021 jusqu'à 27.04.2021 02.05.2021 jusqu'à 09.05.2021	20.04.2021 02.05.2021
Eau traité	Source Ras TAZA	20.04.2021 02.05.2021	20.04.2021 jusqu'à 27.04.2021 02.05.2021 jusqu'à 09.05.2021	20.04.2021 02.05.2021
Eau brute	Source Tokria	25.04.2021 09.05.2021	25.04.2021 jusqu'à 02.05.2021 09.05.2021 jusqu'à 13.05.2021	25.04.2021 09.05.2021
Eau traité	Source Tokria	25.04.2021 09.05.2021	25.04.2021 jusqu'à 02.05.2021 09.05.2021 jusqu'à 13.05.2021	25.04.2021 09.05.2021

L'échantillonnage de l'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté. Il conditionne les résultats d'analyse et leur interprétation. En effet, l'échantillon d'eau prélevé doit être homogène et représentatif et ne doit pas modifier les caractéristiques de l'eau. Le transport des échantillons d'eau prélevé au laboratoire doit se faire dans des glacières à une température inférieure à 6 °C pour ne pas influencer la concentration initiale en germes. En ce qui concerne le mode de prélèvement de l'eau à analyser, il varie selon qu'elle soit brute ou traitée.

III.1.2.1.1 Prélèvement de l'eau source brute

Le prélèvement de l'eau de source se fait selon les étapes suivantes :

- Se laver soigneusement les mains et l'avant bras, les rincer à l'alcool, laissé sécher.
- On fait tremper doucement le flacon à l'intérieur de l'eau, à environ de 30 cm de surface, en évitant le prélèvement en surface ou au fond (risquer de ramasser de l'écume ou des sédiments). (**Rodier., 2005**)
- Les flacons contenant les échantillons doivent être clairement et soigneusement identifiés par des étiquettes qui doivent contenir un certain nombre d'informations qui sont : origines de l'eau, adresse exacte du lieu de prélèvement (pour l'eau de réseau), date et heure du prélèvement, température de l'eau.
- Les échantillons d'eau doit être conservés dans une glacière entre 4 °C à 6 °C.

III.1.2.1.2 Prélèvement de l'eau source traitée

Selon **Rodier (2005)**, Il se fait à partir d'un robinet tout en respectant les mesures suivantes :

- Se laver soigneusement les mains et avant bras, les rincer à l'alcool, laissé sécher.
- Flamber le robinet pendant au moins 01 minute, en utilisant une lampe à souder portative au gaz butane.
- Ouvrir le robinet et laisser couler 03 à 05 minutes avant de faire le prélèvement en maintenant la lampe à souder allumée, un peu au-dessus du robinet.
- Flamber rapidement le col avant et après le remplissage du flacon

III.1.2.2 Conservation des échantillons d'eau

L'analyse bactériologique doit débiter dans un délai de 08 heures au maximum après le recueil de l'échantillon (**Rodier., 2005**). Les échantillons qui ne sont pas immédiatement analysés, doivent être placés dans un réfrigérateur jusqu'au début de l'analyse (**Rodier., 2005**). Quant aux analyses physico-chimiques, la durée de conservation des échantillons d'eau à la température ambiante indiquée dans le **tableau n°04** varie selon le paramètre à analyser.

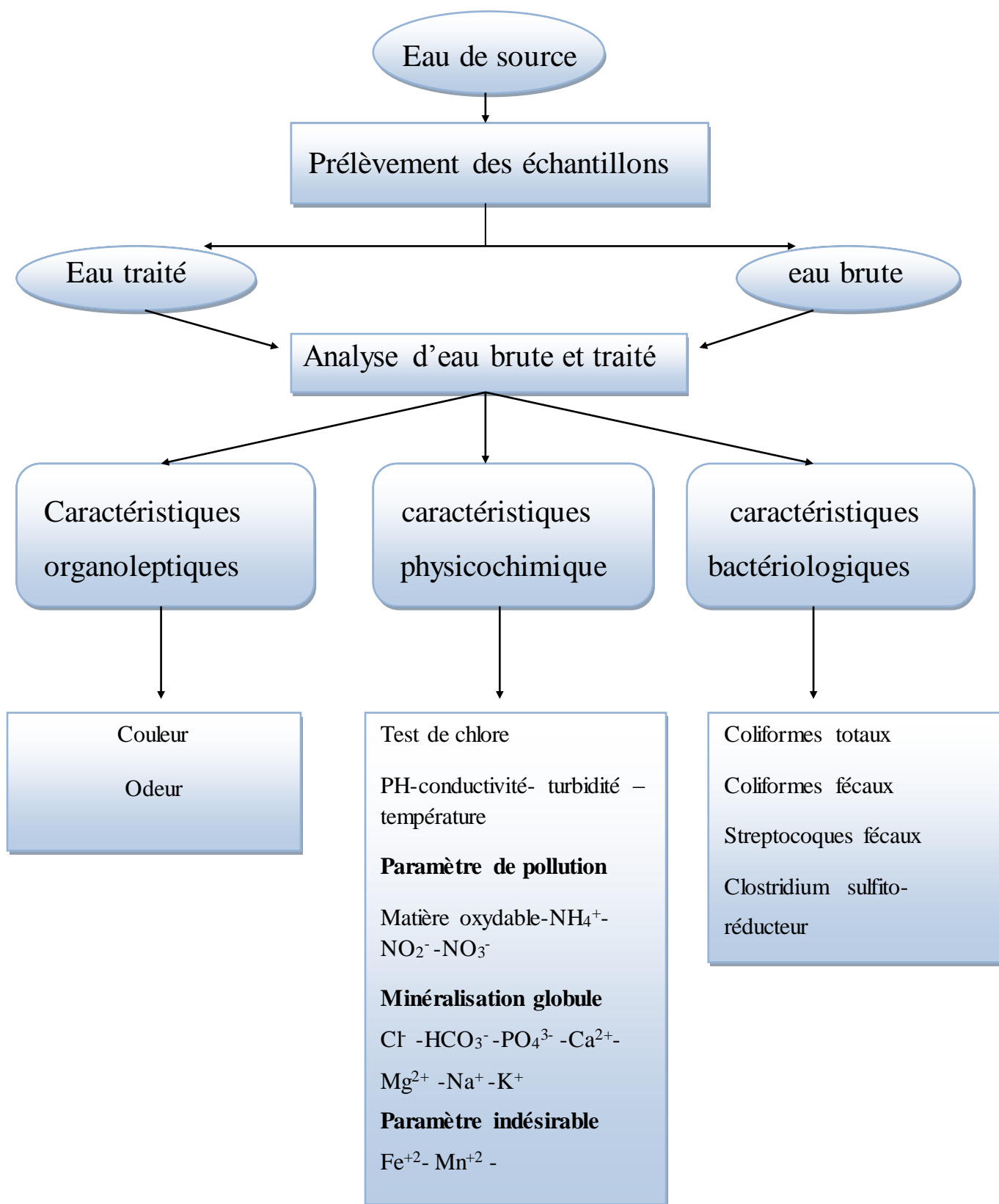
Tableau n°04 : Durée de conservations de l'eau pour chaque paramètre physico-chimique analysé selon Rodier (2005).

Paramètre	Type de récipient	Conservation
Température	/	6 heures
Ph	P ou V	48 heures
Conductivité	P ou V	6 à 24 heures
Turbidité	P ou V	24 heures
Nitrate	P ou V	24 heures
Nitrite	P ou V	24 heures
Phosphates	P ou V	24 heures
Alcalinité	P ou V	24 heures
Chlorure	P ou V	1 mois
Fer	P	1 mois
Magnésium	P ou V	1 mois
Calcium	P ou V	1 mois

p : polyéthylène.

V : verre

Protocole expérimentale



III.2 Détermination des paramètres organoleptiques

La détermination des paramètres organoleptiques constitue une étape préliminaire qui précède toute analyse physico-chimique et bactériologique. Elle consiste à une détermination sensorielle de l'odeur, de la couleur et de la turbidité.

III.3 Test de chlore

Le chlore résiduel est le chlore qui reste libre après élimination de tous les organismes sensibles au chlore. Si l'eau à analyser contient du chlore résiduel libre, cela signifie que tous les organismes les plus dangereux ont été tués. Afin de mesurer le taux de chlore résiduel dans l'eau de source, la méthode la plus utilisée et celle qui utilise la Détyl-P-phénylène diamine) (DPD). La couleur rose que montre l'eau à analyser après l'ajout du DPD sous forme de pastille est un signe de présence de chlore résiduel dans l'eau prélevée. (OMS., 2002)

III.4 Détermination des paramètres physico-chimiques

La caractérisation physico-chimique des eaux de source concerne essentiellement l'analyse des paramètres de base (pH, température et conductivité), des ions majeurs (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , Cl^- , HCO_3^- , PO_4^{3-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) et la présence d'éventuels éléments traces (Fe^{+2} , Mn^{+2}).

III.4.1 Température

La température influence la valeur des paramètres physico-chimiques de l'eau à analyser notamment la conductivité. De même, elle peut être utilisée pour obtenir des indications sur l'origine et l'écoulement de l'eau. (Rodier., 2009)

Mode opératoire

La température a été mesurée à l'aide d'un thermomètre en plongeant l'électrode à environ 15 cm de profondeur pendant 10 minutes. Les valeurs sont enregistrées et le résultat est exprimé en degré Celsius ($^{\circ}\text{C}$).

III.4.2 Potentiel hydrogène (pH)

Cette analyse consiste à déterminer l'acidité ionique, par le dosage des ions H_3O^+ présents dans l'eau. (Rodier., 2009)

Mode opératoire

La mesure du pH est effectuée à l'aide d'un pH-mètre de type SCHOTT GERÄTE CG822. L'eau à examiner est amenée au contact de l'électrode par circulation. La lecture est faite après stabilisation de la valeur affichée du pH.

III.4.3 Conductivité électrique

La conductivité permet d'évaluer rapidement et approximativement la minéralisation globale de l'eau. La mesure de conductivité est réalisée en mesurant la conductance d'une eau entre 2 électrodes métalliques, elle est l'inverse de la résistivité électrique. (FAO., 2014)

Mode opératoire

La mesure de la conductivité électrique est effectuée à l'aide d'un Conductimètre, de type HANNA, HI 9033 dans une verrerie rigoureusement propre et rincée avec l'eau distillée avant l'usage. Les résultats sont exprimés en $\mu\text{s}/\text{cm}$ après avoir plongé l'électrode du conductimètre dans l'eau à analyser. (Rodier ., 1996)

III.4.4 Turbidité

La turbidité d'une eau est causée par des matières non dissoutes (limon, argile, algue, grain de silice, micro -flocs ...) celles-ci atténuent la radiation incidente et les particules insolubles diffusent la radiation de façon inégale. (Rodier ., 1996)

Mode opératoire

La mesure de la turbidité est effectuée par un Turbidimètre, de type HACH 2100N. Les résultats sont exprimés en néphalo turbidité unité (UNT).

III.4.5 Eléments de pollution

III.4.5.1 Matière oxydable

L'oxydation de la matière organique dans les eaux de source est réalisée à chaud en milieu acide par KMnO_4 selon les étapes suivantes :

Mode opératoire

- prendre 100 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 5 ml d' H_2SO_4 dilué (1/3) et porter à l'ébullition pendant 1min.
- Ajouter 15 ml de KMnO_4 à 0.01N puis porter à l'ébullition régulière et douce pendant 10min.
- Ajouter 15 ml d'acide oxalique à 0.01N.
- Titrer à chaud avec KMnO_4 à 0.01N jusqu'à coloration rose claire qui persiste 15 à 20 secondes.
- Un essai à blanc est nécessaire.

Les résultats sont indiqués les résultats comme oxydabilité (consommation de permanganate de potassium) en mg de KMnO_4/l .

$$\text{KMnO}_4 \text{ (mg/l)} = \frac{(V - V_0) \times F \times 80}{PE}$$

D'où

- V_0 : volume de KMnO_4 à 0.01 N nécessaire pour le dosage du blanc.
- V : volume de KMnO_4 à 0.01 N nécessaire pour le dosage de l'échantillon.
- F : facteur de correction du titre de KMnO_4 à 0.01N ($F= 1$).
- PE : prise d'essai de l'échantillon (100 ml).

III.4.5.2 Concentration en nitrites (NO_2^-) par méthode colorimétrique

Les nitrites dans l'échantillon à analyser réagissent avec un réactif mixte qui donne un complexe coloré en rose dont l'intensité de la coloration rose est proportionnelle à la quantité de nitrite présent. Les résultats sont donnés en mg/l à une longueur d'onde $\lambda=543$ nm. (**Rodier., 2009**)

Mode opératoire

- Prendre 50 ml d'eau à analyser
- Ajouter 1 ml du réactif mixte
- L'apparition de la coloration rose indique la présence des nitrites
- Faire la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde $\lambda=543$ nm
- Le résultat sera donné directement en mg/l

III.4.5.3 Concentration en nitrates (NO_3^-)

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosionate de sodium coloré en jaune qui fait l'objet d'un dosage colorimétrique (**Rodier.,2009**).

Mode opératoire

- Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser.
- Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30%.
- Ajouter 1 ml de salicylate de sodium.
- Evaporer à sec à l'étuve à $75-88^\circ\text{C}$.

- Laisser refroidir.
- Reprendre le résidu avec 2 ml de H₂SO₄ et laisser reposer 10 min.
- Ajouter 15 ml d'eau distillée.
- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium puis faire un dosage à l'aide d'un spectrophotomètre à la longueur d'onde 415 nm.
- Le résultat est donné directement en mg/l.

III.4.5.4 Concentration en azote ammoniacal (NH₄⁺)

Elle se fait par Mesure spectrométrique du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylates et hypochlorites en présence de nitropruciate de sodium. (Rodier.,2009)

Mode opératoire

- Prendre 40 ml d'eau à analyser
- Ajouter 4 ml de réactif 1 et 4 ml du réactif 2
- Ajuster la solution à 50 ml avec l'eau distillée
- Attendre 1h 30min jusqu'à l'apparition de la coloration verdâtre qui indique la présence de NH₄⁺
- Faire la lecture au spectromètre à la longueur d'onde $\lambda=655\text{nm}$.
- Les résultats sont donnés directement en mg/l.

III.4.6 Minéralisation globale

La minéralisation est un indicateur de la dureté de l'eau qui permet notamment de transformer la matière organique en eau et sels minéraux (nitrate, phosphate, bicarbonate ect).

III.4.6.1 Alcalinité (HCO₃⁻)

Il consiste à déterminer des volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaire pour neutraliser le volume d'eau à analyser, à des niveaux de pH =8.3 et 4.3. La première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (TA), la seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC). (Rodier .,2009)

La concentration en hydrogénocarbonate qui exprimée en mg/l est donnée par la relation suivante :

$$[\text{HCO}_3^-] \text{ (mg/l)} = \frac{V_A \times N_A \times M_{\text{HCO}_3} \times 1000}{PE} = \frac{V_A \times 0.1 \times 61 \times 1000}{100}$$

$$[\text{HCO}_3^-] \text{ (mg/l)} = V_A \times 61$$

D'où

V_A : Volume d'acide versé.

N_A : normalité d'acide versé.

$M_{\text{HCO}_3^-}$: masse molaire des bicarbonates (HCO_3^-).

PE : prise d'essai.

Remarque

Si le pH de l'échantillon est supérieur à 8,3 ; titrer jusqu'à ce que cette valeur (volume d'HCl obtenu correspond au CO_3^{2-}) puis continuer le dosage jusqu'à pH de 4,3 noter le volume V_{A2} .

$$\text{CO}_3^{2-} \text{ (mg/l)} = V_{A2} \times 60$$

Mode opératoire

- Prendre 100 ml d'eau à analyser.
- Déterminer le pH de l'échantillon.
- Si le pH < 8,3 le TA=0.
- Si le pH > 8,3 on titre avec le HCl 0,1N jusqu'au pH=8,3 et en note le volume (V).
- Titrer avec le HCl 0,1N jusqu'à l'obtention d'un pH =4,3.
- Noter le volume de HCl (V_1).

III.4.6.2 Concentration en Phosphates (PO_4^{3-})

Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2014) La méthode repose sur la réaction de l'orthophosphate avec la molybdate d'aluminium pour former le complexe phosphomolybdique qui est ensuite réduit par l'acide ascorbique pour former un composé bleu.(OMS.,2014)

Mode opératoire

- Prendre 40 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 1ml d'acide ascorbique et 2 ml du réactif mixte.
- Attendre 10 mn (jusqu'au développement de la couleur bleue).
- Lire directement au spectrophotomètre à la longueur d'onde $\lambda=880$ nm.
- Les résultats sont donnés directement en mg/l.

III.4.6.3 Concentration en ions calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+})

Le calcium et le magnésium sont dosés avec une solution aqueuse d'EDTA à pH compris entre 12 et 13. Ce dosage se fait en présence de MUREXIDE (indicateur coloré pour les ions Ca^{2+}) ou du noir eriochrome (indicateur coloré pour les ions Mg^{2+}); l'EDTA réagit tout d'abord avec les ions de calcium ou de magnésium combiné avec l'indicateur qui vire vers la couleur rouge ou violet pour les ions calcium et magnésium respectivement.

(Rodier., 2009)

Mode opératoire **Ca^{2+}**

- Prendre 50 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 2 ml de NaOH 2N.
- Ajouter du MUREXIDE.
- Titrer avec l'EDTA (1/50 N) jusqu'au virage violet.
- Obtention d'un volume (V_1) d'EDTA.

 Mg^{2+}

- Prendre 50ml d'eau à analyser.
- Ajouter 2ml de NH_4OH à pH =10,1.
- Ajouter le noir eriochrome (quelque goutte).
- Titrer jusqu'au virage bleu.
- Obtention d'un volume (V_2) d'EDTA.

Facteur de correction (F)

- Prendre 50 ml de la solution mère de calcium à 100mg/l.
- Ajouter 2 ml de NaOH.
- Ajouter l'indicateur coloré MUREXIDE (quelque goutte).
- Titrer avec l'EDTA jusqu'au virage violet.
- Obtention d'un volume (V_p) d'EDTA.

L'expression des résultats se fait comme suite :

$$\text{Ca}^{2+}(\text{mg/l}) = \frac{V_1 \times C_{\text{EDTA}} \times F \times M_{\text{Ca}^{2+}}}{\text{P.E}} \times 1000$$

V_1 : Volume d EDTA nécessaire pour une concentration donnée.

C : Concentration molaire d'EDTA (0,01 M / l).

$M_{\text{Ca}^{2+}}$: Masse molaire du calcium en gramme.

P.E : Prise d essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage).

F : Facteur de dilution

Donc

$$\text{Ca}^{2+}(\text{mg/l}) = \frac{V_1 \times 0.01 \times F \times 40.08}{50} \times 100$$

Soit

$$\text{Ca}^{2+}(\text{mg/l}) = V_1 \times F \times 8.016$$

La détermination de la concentration des ions magnésium est donnée en mg/l de selon la formule suivante :

$$\text{Mg}^{2+} (\text{mg/l}) = \frac{(V_2 - V_1) \times C_{\text{EDTA}} \times F \times M_{\text{Mg}^{2+}}}{\text{P.E}} \times 100$$

Où

V_1 : volume d'E.D.T.A nécessaire pour une concentration donnée.

V_2 : volume total d'EDTA (mg /l).

C : concentration molaire d EDTA (0.01 mol/l).

M_{Mg} : Masse molaire du magnésium en g/mol.

PE : Prise d essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage).

F : Facteur de dilution.

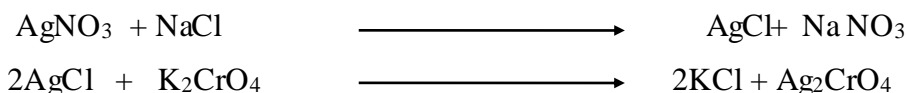
Donc

$$\text{Mg}^{2+} (\text{mg/l}) = (V_2 - V_1) \times F \times 4,86$$

III.4.6.4 Concentration en ions chlorures (Cl⁻)

C'est la réaction des ions chlorure avec des ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui précipite quantitativement. L'addition d'un petit excès d'ions argent et formation d'ion chromate d'argent brun-rouge avec des ions chromates qui ont été ajoutés comme indicateur. Cette réaction est utilisée pour l'indication du virage. Durant le tirage, le pH est maintenu entre 5 et 9,5 afin de permettre la précipitation. (Rodier.,2009)

Le dosage se fait selon la réaction suivante :

**Mode opératoire**

- Prendre 5 ml d'eau à analyser,
- Ajouter 2 gouttes K₂CrO₄ (coloration jaunâtre).
- Titrer avec AgNO₃ à 0,01 N jusqu' à coloration brun rougeâtre.

Les résultats sont exprimés en mg/l selon l'équation suivante :

$$\frac{V_{\text{AgNO}_3} \times N_{\text{AgNO}_3} \times M_{\text{Cl}}}{\text{PE}} = \frac{V_{\text{AgNO}_3} \times 0.01 \times 35.5 \times F \times 1000}{5}$$

$$\text{mg/l Cl}^- = V_{\text{AgNO}_3} \times 71 \times F.$$

D'où

V_{AgNO₃} : Volume d'AgNO₃ nécessaire pour le dosage de l'échantillon.

N_{AgNO₃} : Normalité d'AgNO₃.

M_{Cl} : masse molaire des chlorures.

F : facteur de correction du titre d'Ag NO₃.

PE : prise d'essai.

Remarque

Le facteur de correction est calculé selon l'équation suivante :

- Prendre 5 ml de solution mère à 71 mg/l.
- Ajouter 2 gouttes de l'indicateur coloré

-Doser par AgNO_3 à 0,01 N jusqu'au virage (couleur rougeâtre).

$$F = \frac{1}{V_{\text{AgNO}_3}}$$

III.4.6.5 Concentration en ions Na^+ et K^+

La détermination de la concentration en ions Na^+ et K^+ a été réalisé par spectrophotomètre à flamme. Le résultat est donné directement en mg/l. (Rodier.,2009)

Mode opératoire

- Etalonnage de l'appareil par de l'eau distillée
- Etalonnage avec des solutions étalon de NaOH (10mg/l, 40mg/l et 50mg/l) pour le dosage des ions Sodium et de KOH (10mg/l, 20mg/l et 30mg/l) pour les ions Potassium.
- Lecture de la concentration des ions Sodium ou Potassium dans l'eau à analyser.

III.4.7 Paramètres indésirables

III.4.7.1 Concentration des ions de fer (Fe^{2+})

Le dosage des ions (Fe^{2+}) a été effectué par spectrophotométrie. Un complexe rouge–orangé se forme entre le phénanthroline et les ions ferreux en milieu acide de l'eau à analyser (Rodier., 2009). Les résultats sont exprimés en $\mu\text{g/l}$.

Mode opératoire

- Prendre 50 ml de l'eau à analyser dans un erlenmeyer de 100 ml.
- ajouter 1 ml de la solution de chlorhydrate d'hydroxylamine.
- Mélanger soigneusement.
- Ajouter 2 ml de tampon acétate.
- Ajouter 2 ml de la solution 1,10 de phénantroline.
- conserver à l'obscurité pendant 15 min.
- Enfin passer au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 510 nm.
- Le résultat est donné en mg/l.

III.4.7.2 Dosage des ions manganèse (Mn^{2+})

Les ions manganèses Mn^{2+} réagissent avec la Formaldoxine pour former du complexe

rouge orangé. La concentration de ce dernier est mesurée par spectrophotométrie à une longueur d'onde de 450 nm. (Rodier., 2009)

Si le manganèse en suspension ou lié organiquement est présent, un traitement préalable est nécessaire pour mettre le manganèse sous une forme susceptible de réagir avec la Formaldoxine (Rodier., 2009). Les résultats sont donnés directement en mg/l.

Mode opératoire

- Prendre 50 ml de l'eau à analyser dans un erlenmeyer de 100 ml.
- Ajouter 1 ml de solution sel de mohr
- ajouter 2 ml d'EDTA (0,24 mol/l).
- ajouter 1 ml de Formaldoxine.
- ajouter 2 ml NaOH.
- ajouter 3 ml de Mélange Ammoniaque + solution Chlorure Hydroxylammonium (v/v).
- Laisser reposer pendant 20 min.
- Lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 450 nm.

III.5 Analyses bactériologique

Selon la norme Algérienne (2006) et comme c'est indiqué dans le **tableau n°05**, l'analyse bactériologique de l'eau de source brute ou traitée consiste à:

- 1) Dénombrer les coliformes totaux
- 2) Rechercher Escherichia Coli
- 3) Rechercher les Streptocoques fécaux
- 4) Rechercher les Clostridium Sulfito- Réducteurs

Le dénombrement ou la recherche de ces germes (coliformes totaux, Streptocoques fécaux et Clostridium Sulfito- Réducteur) se fait par la méthode de filtration sur membrane qui consiste à filtrer aseptiquement un volume d'échantillon de 100 ml d'eau à analyser à travers une membrane de porosité 0.45 μm qui retient les micro-organismes. La membrane est ensuite placée sur le milieu convenable pour chaque catégorie (**tableau n°05**) et incubé à une température de 37°C pendant une durée d'incubation de 24h (Franck., 2002)

Remarque

Les Clostridium sulfito-réducteurs sont filtrés à travers une membrane de 0.22 μm de porosité après chauffage de l'échantillon d'eau à une température de 80°C, pendant 10mn. Cette membrane est ensuite déposée à l'envers sur le milieu viande foie (VF) additionné de

sulfite de Sodium et Alun de fer. Une couche supplémentaire du milieu VF est ajoutée pour favoriser les conditions d'anaérobiose.

Tableau n°05 : tableau récapitulatif du mode opératoire des analyses bactériologiques.

Germes	Technique	Volume Echantillon	Milieu utilisé	T° incubation	Milieu confirmation
Coliformes Totaux	Filtration 0.45µm	100ml	Tergitol	37	-
E. coli	Filtration 0.45µm	100ml	Repiquage des colonies de coliformes totaux à partir de milieu de culture Tergitol	44	Schubert+ Kovax
Streptocoques fécaux	Filtration 0.45µm	100ml	Gélose slanetz	37	Gélose BEA
Clostridium S/R	Filtration 0.22µm	100ml	Viande foi	37	-

Lecture

Après incubation à une température de 37°C pendant une durée d'incubation de 24h, l'aspect des colonies de chaque catégorie de germes sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau n°06 : Aspect macroscopique qui se base sur la couleur des colonies

Type de germe	Milieu de culture	Aspect des colonies
Coliformes	Tergitol	Colonies jaune orangé
Streptocoques fécaux	Slanetz	Colonies rouge
Clostridium sulfito-réducteurs	VF additionné de Sulfite de Sodium et Alun de fer	Colonies noir entourées d'un halo noir

Tests confirmatifs de contamination de l'eau d'origine fécale**Recherche d'*Escherichia coli***

Escherichia Coli fait partie du groupe des coliformes totaux et consiste le seul membre de ce groupe qui se trouve spécialement dans la matière fécale. Sa recherche dans l'eau de source brute ou traitée se fait par un repiquage d'une colonie jaune orangé de coliformes dans le milieu de confirmation schubert additionné de trois gouttes du réactif Kovacs. Après incubation à une température de 44.5°C pendant 24h, l'apparition d'un anneau rouge à la surface du milieu schubert avec production de gaz (1/10^e de la cloche de durham) indique la présence d'*Escherichia coli*.

Test confirmatif des Streptocoques fécaux

La membrane contenant les colonies rouge, incubé précédemment sur milieu Slanetz est transférée sur milieu BEA (Bile Esculine Agar) et incubée à une température de 37°C pendant une durée d'incubation.

Lecture

Les colonies caractéristiques des streptocoques fécaux sont noires.

Chapitre IV

Résultats et Discussion

CHAPITRE IV

Résultats et discussions

Dans le but de déterminer la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des deux sources (Ras Taza et Ain Tokria) de la wilaya de Tissemsilt, une comparaison a été effectuée entre les résultats d'analyses obtenus et les normes Algériennes et celle de l'OMS qui fixent le seuil d'acceptabilité des substances existantes dans l'eau et la potabilité de cette dernière au point de vue bactériologique.

IV.1 Paramètres organoleptiques

Les échantillons d'eau de source brute et traitée, analysés le mois Avril et Mai sont inodores, limpides et incolores. Ces critères organoleptiques qui répondent aux normes Algériennes fournissent des informations préliminaires sur la qualité des échantillons d'eau analysés qui sont probablement dépourvus de produits chimiques (principalement les ions métalliques Fe^{2+} et Fe^{3+}), de matières organiques en décomposition et de protozoaires qui sont les principaux facteurs du changement de la couleur d'eau, voire aussi les divers colloïdes. (J.O.R.A N°27, 2006)

IV.2 Test de chlore

Le test de chlore permet de savoir si l'eau à analyser est traitée ou brute. Après avoir ajouté une pastille de DPD à l'eau brute et traitée, une couleur rose indique la présence de chlore résiduel dans l'eau traitée. (OMS., 2002)

IV.3 Résultats de l'analyse des paramètres physico-chimiques

L'ensemble des résultats d'analyse physico-chimique obtenus ainsi que les normes Algériennes correspondantes à ces paramètres sont présentés dans le **tableau n°07**

IV.3.1 Température

Les résultats de mesure de la température de l'eau brute et traitée des deux sources, le mois Avril et Mai présentent des valeurs qui varient entre 17 et 23°C, en répondant aux normes algériennes (2006) qui indiquent que la température de l'eau potable doit être inférieure ou égale à 25 °C. Des valeurs au delà de 25 °C présentent un risque sur la physiologie digestive en favorisant la croissance de certains micro-organismes potentiellement pathogènes et en perturbant l'équilibre ionique à travers les membranes cellulaires. En effet, la température d'une eau souterraine est presque stable, alors qu'elle est variable suivant la saison pour les eaux de surface. (OMS., 2004)

Tableau n°07 : Résultats des paramètres physico-chimiques de l'eau brute et traitée des deux sources Ras Taza et Ain Tokria

Paramètre physicochimique	L'eau source de Ras Taza				L'eau de source d'Ain Tokria				Normes algériennes
	Eau brute		Eau traité		Eau brute		Eau traité		
Mois de prélèvement	Avril	mai	Avril	mai	Avril	mai	Avril	mai	
Conductivité électrique us/cm	560	567	563	532	704	729	714	732	≤2800
Turbidité (NTU)	0.6	1,1	0,4	0,5	0,3	0,1	0,2	0,1	≤5
pH	7.8	7,4	7.7	7,4	7,4	7,5	7.3	7,4	≤6.5a 8.5
Température(c°)	19.6	22,8	20,1	22,4	23,0	17,2	23,0	17,0	≤25
NO ₃ ⁻ (mg/l)	3,3	3,21	3,07	3,06	15,2	17,89	15,3	17,09	≤50
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0.13	0,003	0,10	0,001	0.003	0,004	0.004	0,003	≤0.5
NO ₂ ⁻ (mg/l)	0.02	0,003	0.00	0,002	0.001	0,008	0.001	0,002	≤0.2
Matière oxydables (mg/l)	0.4	0,35	0,24	0,16	1,28	0,56	1,21	0,4	≤5
HCO ₃ ⁻ (mg/l)	335,5	329.4	335	329	274,5	268,5	270	268,4	≤500
Ca ²⁺ (mg/l)	65,7	68,67	65,9	67,33	84,1	80,9	84,3	79,3	≤200
Mg ²⁺ (mg/l)	21,17	28,67	21,66	29,16	13,12	19,44	13,7	16,03	≤150
La dureté totale	25.5	28.95	25.4	28.09	24.3	26.3	24.5	26.5	≤100
Cl ⁻ (mg/l)	28.4	35.5	35.5	42.6	56.8	49.7	58.1	56.8	≤500
PO ₄ ⁻³ (mg/l)	0,002	0,004	0,005	0,003	0,004	0,02	0,003	0,003	≤5
Na ⁺ (mg/l)	20	22	21	22	35	34	35	35	≤200
K ⁺ (mg/l)	3,1	3,5	3,1	3,5	4,3	4,5	4,4	4,8	≤20
Fe ²⁺ (mg/l)	0,02	0,001	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	≤0,3
Mn ²⁺ (mg/l)	0,002	0,001	0,003	0,003	0,02	0,01	0,02	0,04	≤0,5

IV.3.2 pH

Les résultats montrent que le pH de l'eau brute et traitée des deux sources (Ras Taza et Ain Tokria), effectué le mois Avril et Mai répond aux normes algériennes et celles de OMS (2004) qui fixent le seuil maximal de pH de l'eau potable à 8.5. Les échantillons d'eau brute et traitée des deux sources (Ras Taza et Ain Tokria) sont légèrement alcalins dont le pH oscille entre 7.3 et 7.8. (J.O.R.A N°27, 2006)

IV.3.3 Conductivité électrique

La mesure de ce paramètre permet d'apprécier la qualité des sels dissous dans l'eau (FAO., 2004). Les résultats d'analyse de la conductivité électrique de l'eau brute de la source Ras Taza pendant le mois Avril et Mai sont conformes aux normes Algériennes. Ses valeurs qui s'échelonnent entre (560 et 567 $\mu\text{s}/\text{cm}$) sont inférieures à celles obtenus pour l'eau brute d'Ain Tokria (704-729 $\mu\text{s}/\text{cm}$). En ce qui concerne l'eau traitée des deux sources, la conductivité de l'eau de Ras Taza (532-563 $\mu\text{s}/\text{cm}$) enregistrée le mois Avril et Mai respectivement reste inférieure à celle de l'eau d'Ain Tokria (714-732 $\mu\text{s}/\text{cm}$). Selon les normes Algériennes, le seuil maximal d'acceptabilité de la conductivité est inférieur ou égale à 2800 $\mu\text{s}/\text{cm}$. (J.O.R.A N°27, 2006)

IV.3.5 Turbidité

La turbidité représente la transparence d'une eau qui peut être affectée par la présence des particules en suspension organiques et/ou inorganiques. Selon les normes Algériennes, la turbidité d'une eau potable doit être inférieure ou égale à 5 NTU ce qui correspondent aux résultats d'analyse obtenus pour l'eau brute (0.1-1.1 NTU) et l'eau traitée (0.1-0.5 NTU) dans les deux sources. (J.O.R.A N°27, 2006)

IV.3.6 Nitrate (NO_3^-) et nitrite (NO_2^-)

Le nitrate (NO_3^-) et le nitrite (NO_2^-) sont des ions présents de façon naturelle dans l'environnement ; ils résultent d'une nitrification des ions d'ammonium (NH_4^+) présent dans le sol.

- **Les nitrites (NO_2^-)**

L'analyse des prélèvements d'eau brute et traitée des deux sources Ras Taza et Ain Tokria, pendant le mois d'Avril et Mai montre que les valeurs des nitrites sont inférieures à 0,008 mg/l. Ces résultats sont conforme aux normes Algérienne qui indique la valeur 0,2 mg/l.(J.O.R.A N°27, 2006)

Les nitrites bloquent la fixation de l'hémoglobine en diminuant les capacités de transport d'oxygène au niveau des organes récepteurs. (Rodier., 2005)

- **Les nitrates (NO_3^-)**

Les résultats des analyses obtenus montrent les valeurs suivantes : 3.21 mg/l pour l'eau brute et 3.07 mg/l pour l'eau traitée de la source de Ras Taza. Ces résultats sont inférieures ou égales à la valeur fixée par les normes algériennes (50 mg/l). Quant à la source Ain Tokria, la teneur en nitrate de l'eau brute et traitée sont respectivement 17.89 mg/l et 17.09 mg/l. A partir de ces résultats, les valeurs de nitrates sont conformes aux normes Algérienne malgré que l'eau de la première source (Ras Taza) a une qualité supérieure à celle de l'eau de la deuxième source (Ain Tokria). (J.O.R.A N°27, 2006)

IV.3.7 L'ammonium (NH_4^+)

Les résultats d'analyse d'ammonium de l'eau brute et traitée de la source Ras Taza et Ain Tokria pendant le mois Avril et Mai sont conformes aux normes Algériennes (2006) qui indique une valeur de 0,5 mg/l et de l'OMS (0,2 à 0,3 mg/l). Pour les deux sources Ras Taza et Ain Tokria, ils varient respectivement entre 0.03 et 0.13 mg/l pour l'eau brute et entre 0.03-0.10 mg/l pour l'eau traitée. (J.O.R.A N°27, 2006)

IV.3.8 Matière Oxydable

Selon les normes Algérienne (2006), Le taux de la matière oxydable (MO) d'une eau potable doit être inférieure ou égale à 5 mg/l ce qui correspond aux résultats d'analyse obtenus pour l'eau brute (0.35-1.28 mg/l) et l'eau traitée (0.16-1.21 mg/l) dans les deux sources Ras Taza et Ain Tokria, pour les deux mois Avril et Mai. (J.O.R.A N°27, 2006)

IV.3.9 Bicarbonates (HCO_3^-)

Le bicarbonate intervient également dans le traitement de l'eau notamment comme régulateur de pH. Les résultats d'analyses indiquent que les 4 échantillons étudiés de Ras Taza et Ain Tokria dans les deux mois Avril et Mai présentent des valeurs qui répondent aux normes algériennes (2006) qui détermine la valeur 500 mg/l. (J.O.R.A N°27, 2006)

Les valeurs de bicarbonate oscillent entre 268.5 et 335.5 mg/l pour l'eau brute et entre 268.4 et 335 mg/l pour l'eau traitée.

IV.3.10 Calcium (Ca^{2+}) et Magnésium (Mg^{2+})

- **Calcium (Ca^{2+})**

Selon Rodier (1996), le calcium se transforme en bicarbonates de calcium (CaCO_3),

sulfates de calcium (CaSO_4), et de chlorures de calcium (CaCl_2). On note une teneur variant de 65.9 à 84.3 mg/l pour l'eau traitée, et de 65.7 à 84.1 mg/l pour l'eau brute dans les deux sources Ras Taza et Ain Tokria, pendant le mois Avril et Mai. Ces valeurs sont inférieures à celles fixées par la norme Algérienne pour les eaux destinées à l'alimentation (200 mg/l). (J.O.R.A N°27, 2006)

- **Magnésium (Mg^{2+})**

Selon **Rodier (2005)**, le magnésium est un facteur qui exprime la dureté de l'eau et sa teneur dépend de la nature des sources. La teneur en magnésium mesurée le mois Avril et Mai varie de 13.12 à 28.67 mg/l pour l'eau brute et de 13.7 à 29.16 mg/l pour l'eau traitée dans les deux sources Ras Taza et Ain Tokia mois avril et Mai. Toutes les valeurs sont conformes aux normes algériennes 150 mg/l. (J.O.R.A N°27, 2006)

IV.3.11 Dureté de l'eau TH

La dureté d'une eau reflète la concentration en sels minéraux dissous plus particulièrement en ions de Ca^{2+} et Mg^{2+} , plus cette concentration est élevée plus l'eau est dure. (Sekerka et al., 2005)

La norme algérienne indique une valeur de TH inférieure ou égale 100 mg/l pour une eau propre à la consommation humaine, ce qui correspond aux résultats d'analyse obtenus pour l'eau brute (24.3-28.95mg/l) et l'eau traitée (24.5-28.09mg/l) dans les deux sources Ras Taza et Ain Tokria, pendant les deux mois Avril et Mai. (J.O.R.A N°27, 2006)

IV.3.12 Chlorure (Cl^-)

Selon les normes Algériennes (2006) des eaux potables, le taux de chlorure ne doit pas dépasser 500mg/l. Ainsi, les valeurs obtenues le mois Avril et Mai qui sont conformes aux normes comprises entre 28.4 et 56.8mg/l pour l'eau brute et entre 35.5-58.1mg/l pour l'eau traitée de Ras Taza et Ain Tokria. (J.O.R.A N°27, 2006)

IV.3.13 Phosphate (PO_4^{-3})

Les valeurs enregistrées pour la teneur en phosphates dans l'eau brute est de 0.002 à 0,004 mg/l et dans l'eau traitée, elle s'échelonne entre 0.003 et 0.005mg/l des deux sources Ras Taza et Ain Tokria. Cette valeur correspond à celle indiquée dans la norme Algérienne des eaux destinées à la consommation humaine (0,5 mg/l). (J.O.R.A N°27, 2006)

IV.3.14 Sodium (Na^+)

Suivant les normes Algériennes (2006), une eau propre à la consommation humaine

doit contenir des concentrations en ions Na^+ inférieures ou égale à 200 mg/l.

Les résultats des analyses effectuées le mois Avril et Mai montrent que la concentration de Sodium dans les deux sources « Ras Taza » et « Ain Tokria » qui est inférieure au seuil d'acceptabilité fixée par la norme Algérienne, varie entre 20 et 35mg/l pour l'eau brute et entre 21 et 35mg/l pour l'eau traitée. **(J.O.R.A N°27, 2006)**

IV.3.15 Potassium (K^+)

Selon la norme Algérienne qui fixe une valeur en ions K^+ inférieure à 20 mg/l pour une eau propre à la consommation humaine. Nos résultats qui sont conformes aux normes Algériennes montrent que la concentration de potassium (K^+) s'échelonne entre 3.1 et 4.5mg/l pour l'eau brute et entre 3.1 et 4.8mg/l pour l'eau traitée. **(J.O.R.A N°27, 2006)**

IV.3.16 Fer (Fe^{2+})

Le fer est un élément indispensable au fonctionnement du corps humain (synthèse de l'hémoglobine du sang) dont les besoins journaliers sont estimés à environ 10 mg/j, selon l'âge et le sexe. Concernant les valeurs des ions Fe^{2+} obtenus (0.02 mg/l), elles sont conformes aux normes Algériennes (0.3mg/l) pour l'eau brute et traitée des deux sources « Ras Taza » et « Ain Tokria ». **(J.O.R.A N°27, 2006)**

IV.3.17 Manganèse (Mn^{2+})

Pour les ions de Mn^{2+} , ses valeurs dans l'eau brute et traitée de deux sources Ras Taza et Ain Tokria pendant les deux mois Avril et Mai sont inférieure à 0,04 mg/l. Elles sont conformes aux normes algériennes (0,5 mg/l). **(J.O.R.A N°27, 2006)**

IV.4 Résultats des analyses bactériologiques

Les résultats d'analyse bactériologique de l'eau des deux sources sont résumés dans le **tableau n°08**.

Tableau n°08 : Résultats des analyses bactériologiques de l'eau de source brute et traitée pendant le mois Avril et Mai comparé avec les normes Algérienne de Potabilité des eaux (J. O. R. A. N°27, 2006).

Les paramètres	Les échantillons										
	La source de Ras Taza				La source d'Ain Tokria				Les normes Algériennes		
	Eau brute		Eau traité		Eau Brute		Eau traité		N.A (E.B)	N.A(E.T)	
Mois de prélèvement	avril	Mai	Avril	Mai	Avril	Mai	avril	Mai	//	//	
Coliformes totaux UFC/100ml	18	16	00	00	13	21	00			/	10
E. Coli UFC/100ml	00	00	00	00	00	00	00	00	00	20	00
Streptocoques Fécaux UFC/100ml	00	00	00	00	00	00	00	00	00	20	00
Clostridium Sulfito réducteurs UFC/100ml	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00

N.A : norme Algérienne

E.B : eau brute

E.T : eau traitée

/ : Nombre indéterminé

L'analyse de la qualité bactériologique de l'eau destinée à la consommation humaine est une approche d'une extrême importance car elle influence la santé du consommateur. Elle permet de nous renseigner sur la potabilité de l'eau.

L'analyse bactériologique de l'eau brute des deux sources Ras Taza et Ain Tokria montre un faible taux de coliformes totaux et l'absence des bactéries indicatrices de contamination fécale (*Escherichia coli*, Streptocoques fécaux et Clostridium sulfito-réducteurs). Quant à l'eau traitée de ces deux sources, les résultats montrent l'absence des coliformes totaux et des germes indicateurs de contamination fécale. La comparaison entre les résultats d'analyse de l'eau brute et traitée des deux sources (Ras Taza et Ain Tokria) au point de vue bactériologique montre la fiabilité du traitement de désinfection et que les coliformes rencontrés dans l'eau brute des deux sources sont d'origine tellurique.

A partir de l'ensemble des résultats de l'analyse physico-chimique et bactériologique,

on peut conclure que l'eau traitée des deux sources (Ras Taza et Ain Tokria) sont de bonne qualité et propre à la consommation. En ce qui concerne l'eau brute, les résultats sont conformes aux normes Algériennes. **(J.O.R.A N°27, 2006)**

Conclusion

CONCLUSION

L'eau constitue un élément essentiel pour l'organisme humain, et sa consommation journalière implique une surveillance étroite tant sur le plan organoleptique que physico-chimique et bactériologique.

L'étude menée au cours de ce modeste travail a pour but d'évaluer la qualité organoleptique, physico-chimique et bactériologique de l'eau brute et traitée de deux sources de la wilaya de Tissemsilt, destinée à la consommation humaine : Ras Taza à Borj Amir Abdelkader et Ain Tokria à Khmisti.

Il en ressort de cette étude que :

Du point de vue organoleptiques, les échantillons prélevés ne présentent ni odeur, ni saveur désagréable.

Les résultats des analyses physico-chimiques ont montré que tous les paramètres analysés sont comprises dans les intervalles des normes algériennes retenues pour l'eau.

Au point de vue bactériologique, la présence de coliformes et l'absence des bactéries indicatrices de contamination d'origine fécale (*E. coli*, Streptocoques fécaux et *Clostridium sulfito-réducteurs*) dans l'eau brute prouve l'origine tellurique des coliformes. De même, l'absence des germes cités ci-dessus indique la fiabilité du traitement de désinfection par chloration.

La comparaison des résultats de l'analyse physico-chimique et bactériologique obtenues sur l'eau des deux sources Ras Taza et Ain Tokria et leur comparaison avec les valeurs données par le journal officiel algérien montre que l'eau de ces deux source est de bonne qualité hygiénique et ne présente aucun danger pour le consommateur.

Référence bibliographique

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

A :

- **Apfelbaum ., 1995** Diététique et nutrition 3^{eme}. Edition. Masson.

B :

- **Bernard., 2007** Introduction à l'étude de la médecine expérimentale. Edition Bibliobazaar .llc.
- **Boeglin., 2001** Propriétés des eaux naturelles. Technique de l'ingénieur, traité environnement.
- **Bouziاني., 2000** L'eau de la pénurie aux maladies. Edition Ibn-Khaldoun.
- **Barraque ., 2006** Economique en questions, l'eau des villes et l'eau des champs.
- **Bouhaous., 2012** Contamination des eaux souterraines par les nitrates : Analyses microbiologique, source de contamination et évaluation sanitaire. Edition universitaire Européennes (EUE). Saarbrücken, Dentçhland .Allemagne.
- **Bonnin., 2002** Aide mémoire d'hydraulique urbaine. Edition. Eyrolles.
- **Berné.et Cordonnier., 1991** Traitement des eaux. Edition : Tec.

C :

- **Claude ., 1999.** Les traitements de l'eau. Procédés physico- chimiques et biologiques. Edition Ellipses.
- **Coulais ., 2002.** Qualité des eaux et normes de potabilité en deux serves. Édition. des ateliers.

D :

- **Degremont., 2005.** Mémento technique de l'eau, Tome 1 & 2, Collection Dégrèvement, ISBN 2-9503984-0-5
- **Debabza ., 2005,** Mémoire de Magister en Microbiologie appliquée : Analyse microbiologique des eaux des plages de la ville d'Annaba Evaluation de la résistance aux antibiotiques des microorganismes pathogènes, Université des sciences de Badji-Mokhtar, Annaba(Algérie).

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

E :

- **Edberg , Raczynski M, Prost J.C. ET Elmur T., 2000.** Aide à la fiabilisation de l'eau potable en milieu rural. Aspect techniques et financiers .Oieau, France
- **Encarta., 2006** Publication ENCYCLOPEDIE Microsoft.

F :

- **Franck., 2002.** Analyse des eaux. Aspects réglementaires et techniques. Service culture édition ressources pour l'éducation nationale.

G :

- **Gommella et Guerre. 1978.** Les eaux usées dans les agglomérations urbaines au rurales. Edition EVROLLES. Paris. France.
- **Gaujour ., 1995.** La pollution des milieux aquatiques : Aide mémoire. 2^{ème} édition :Lavoisier.
- **Genoutdet., 2002.** L'eau de robinet : de la source au verre. Extrait de dossier de bulletin de l'association médicale Kouzmine internationale.

H :

- **Haslay .et Leceler , 2003.** Microbiologie des eaux d'alimentation. Edition : Tec et Doc .Lavoisier . Paris
- **Helene ,2000** Thèse d'Ingénieurs du génie sanitaire Qualité microbiologique des eaux brutes distribuées par BRL, l'Ecole Nationale de la Santé Publique de Languedoc- Roussillon(France)

J :

- **Jean ., 2002.** La dégradation de la qualité de l'eau dans le réseau. Edition. Ministère de l'agriculture et de la pêche. Direction de l'espace rural et de la forêt. Paris.
- **Jacque ., 2010,** Boiseleve- structure et propriété de l'eau.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- **J. O. R. A. N°27., 2006.** Journal Officiel République Algérienne. Article n°27

K :

- **Kemmer ., 1984.** Manuelle de l'eau .Edition : Lavoisier technique et documentation

L :

- **Lepeltier ., 2005.** Un bon état écologique des eaux
- **Lanteigne ., 2003.** Encyclopédie de l'agora

M :

- **Maiga.,2005,** Thèse diplôme d'état (Docteur en Pharmacie) Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'EDM.SA dans la ville de Bamako : évaluation saisonnière, Bamako (Mali).
- **Mens et Derouane, 2000.** État des nappes de l'eau souterraine de Wallonie.
- **Mercier ., 2000.** Le grand livre de l'eau. Edition: La reconnaissance du livre. Collecte art de vivre

O :

- **OMS.,1997** Organisation mondiale de la santé. Exigences de qualité .Les eaux destinées à la consommation humaine
- **OMS.,2002** Directives de qualité pour l'eau de boisson, troisième édition - OMS
- **OMS.,2004** Directives de qualité pour l'eau de boisson, troisième édition - OMS archive
- **OMS., 2021** Organisation mondiale de la santé. Exigences de qualité .Les eaux destinées à la consommation humaine

P :

- **Perry ., 1984.** Microbiologie: cours et question de révision. Edition Dunod.
Paris

R :

- **Rodier., 1996.** L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 6^{eme} édition: Dunod, Paris.
- **Rodier., 1999.** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 7^{eme} édition: Dunod, Paris.
- **Rodier ., 2005.** L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 8^{eme} édition: Dunod, Paris.
- **Rodier., 2009.** L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 9^{eme} édition: Dunod, Paris.

S :

- **Seghir., 2008.** Thèse de Doctorat En Géologie Appliquée Vulnérabilité à la pollution, protection des ressources en eaux et gestion active du sous système aquifère de Tébessa Hammamet (Est Algérien), Faculté des Sciences de la Terre de Badji Mokhtar, Annaba(Algérie)

V :

- **Vilagines ., 2000.** Eau, environnement et santé publique.
Introduction à l'hydrologie. Edition: Tec et Doc. Lavoisier

Annexe

Les appareils des analyses physico-chimiques et bactériologiques

Balance analytique



multi
paramètre
conductivité-
ph-taux de
salinité



Photométrie de la flamme



Etuve



Filtration sur la membrane



Agitateur magnétique et chauffant



Turbidimètre



pH mètre

