

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie

Université Abdelhamid
Ibn Badis Mostaganem
Faculté des sciences de
la Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد ابن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة
والحياة

Mémoire de fin d'études pour l'Obtention du Diplôme
de Master en S N V

Spécialité : Microbiologie Fondamentale

Thème

*Etude comparative des paramètres physico-chimiques et bactériologique
des eaux de barrage Kramis et des eaux de source naturelle Ain sidi abd
elkader*

Présenté par

M^{lle} BELDJILALI Fethia et ARAB Amel

Soutenue publiquement le 13./09./2018

Devant le Jury :

Président	Mekhaldi Abdelkader	Professeur
Encadreur	Bouznad ahcene	Maitre de conférences
Examineur	Nebbache salim	Maitre de conférences

Thème réalisé au Laboratoire d'A.D.E. de Mostaganem

Année Universitaire : 2017/2018

Remerciement

Tout d'abord, nous tiennes à remercier Allah qui a nous donné une belle vie et pleine des bonheurs.

Nous avons le plaisir de remercier tous les enseignants qui nous contribué à notre formation dès l'école primaire jusqu'à ce jours.

Nous avons l'honneur et le plaisir de présenter notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à notre encadreur Mr Bouznad, pour sa précieuse aide, ces orientations et le temps qu'il nous accordé pour notre encadrement.

Nous remercions par ailleurs vivement les membres de jury de nous avoir fait l'honneur d'examiner notre travail et de juger nos efforts.

Nous adressons nos sincères remerciements à Mr Bendbiza de nous avoir accueilli dans son laboratoire et pour la confiance et l'aide qu'il nous a accordé, ainsi que toute l'équipe du laboratoire de l'Algerienne Des Eaux Hanine, Khitem, Nora, Nesrine et surtout Mr Hamich benbella qui nous n'aurions pas pu réaliser notre travail sans leur aides.

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la concrétisation de cette mémoire.

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail :

Aux deux être le plus chers au monde, qui
Ont souffert nuit et jour pour nous couvrir de
Leur amour, mes parents.

A mon père pour son patient avec moi et son
Encouragement ;

A ma source de bonheur, la prunelle de mes
Yeux, ma mère ;

Que le bon ALLAH vous garde en bonne santé ;

Je dédie aussi ce modeste travail :

A mon marié Noureddine ;

A mes très chers frères et mes sœurs ;

Ainsi que pour toutes mes amies ;

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce
Projet soit possible.

FETHIA

Dédicace

*C'est avec toute l'ardeur de mes sentiments que je dédie
ce modeste travail de fin d'étude à tous ceux que j'ai
envers eux le grand amour à :*

*-Mes très chers parents que je leur souhaite une longue
vie de bonheur et bonne santé Inchaa Allah.*

-Mes très chères sœurs et frères et tous ma famille.

-Tous mes amies qui proches à moi.

Amel

SOMMAIRE

	Page
Résumé	
Introduction générale.....	01
Chapitre I : Généralité et qualité de l'eau	
I.1.Introduction.....	02
I.2Définition de l'eau.....	02
I.3. Propriété physico-chimique.....	03
I.3.1.Propriétés physique.....	03
I.3.1.1. Masse volumique.....	03
I.3.1.2. Propriétés oxydo-réductrices.....	03
I.3.1.3.Conductivité électrique de l'eau.....	04
I.3.1.4. Propriété optique.....	04
I.3.2. Propriété chimique.....	04
I.4. Importance de l'eau.....	05
I.5. Cycle de l'eau.....	05
I.6. Les sources d'alimentations en eau.....	06
I.6.1. L'eau de surface.....	06
I.6.2. Eaux souterraines.....	07
I.6.2.1. Les nappes.....	07
I.6.2.1.1.Définitions.....	07
I.6.2.1.2. Les différents types de nappes.....	08
I.7. L'eau de source.....	08

I.7.1. Définition.....	08
I.7.2. Les différents types de sources.....	08
I.7.2.1. Les principaux types de sources.....	08
I.7.2.1.1. Sources d'affleurement.....	08
I.7.2.1.2. Sources de déversement	08
I.7.2.1.3. Source d'émergence.....	09
I.8. Les types d'eau.....	09
I.8.1. L'eau brute.....	09
I.8.2. L'eau traitée.....	09
I.8.3. L'eau potable.....	09
I.9. Critères de l'eau potable.....	10
I.10. Normes de la qualité des eaux.....	10
I.11. Les normes de qualités de l'eau de consommation.....	12
I.12. Analyse de l'eau potable.....	14
I.12.1. Paramètres organoleptiques.....	14
I.12.1.1. Couleur.....	14
I.12.1.2. Odeur.....	14
I.12.1.3. Goût et saveur.....	14
I.12.2. Paramètres physico-chimique.....	15
I.12.2.1. Paramètres physiques.....	15

I.12.2.1.1. Température.....	15
I.12.2.1.2. Potentiel hydrogène.....	15
I.12.2.1.3. Conductivité électrique.....	16
I.12.2.1.4. Minéralisation globale.....	17
I.12.2.1.5. Résidu sec.....	17
I.12.2.1.6. Résistivité électrique.....	18
I.12.2.1.7. Turbidité.....	18
I.12.2.1.8. Salinité.....	19
I.12.2.1.9. Matières organiques dissoutes.....	19
I.12.2.2. Qualité chimique	20
I.12.2.2.1. Dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH).....	20
I.12.2.2.2. Titre Alcalimétrique (TA et TAC).....	20
I.12.2.2.3. Sels Minéraux Dissous.....	21
I.12.2.2.3.1. Cations.....	21
I.12.2.2.3.2. Anions.....	23
I.12.3. Paramètres bactériologiques.....	24
I.12.3.1. Les germes totaux.....	25
I.12.3.2. Coliformes totaux.....	25
I.12.3.3. Coliforme fécaux.....	26
I.12.3.4. Escherichia Coli.....	27
I.12.3.5. Streptocoques fécaux.....	27

I.12.3.6. Spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrice.....	28
---	----

Chapitre II : Matériels et méthode

II.1. Objectif.....	29
II.2. description de la zone d'échantillonnage.....	29
II.2.1. Source d'Ain sidi Abdelkader«AinBoukriche».....	29
II.2.2. Barrage de KRAMIS.....	30
II.3. Mode d'échantillonnage.....	30
II.4. Echantillonnage.....	31
II.4.1. L'échantillonnage de l'eau de robinet (chez l'abonné).....	33
II.4.2. L'échantillonnage de l'eau de source.....	33
II.5. L'échantillonnage pour les analyses bactériologiques.....	33
II.6. Méthodes d'analyse.....	34
II.6.1. Méthodes d'analyse physico-chimique.....	34
II.6.1.1. Le potentiel d'hydrogène (pH).....	34
II.6.1.2. Température.....	34
II.6.1.3. Mesure de la conductivité électrique.....	35
II.6.1.4. Mesure de la turbidité.....	35
II.6.1.5. Mesure de la dureté totale(ou titre hydrotimétrique).....	35
II.6.1.6. Détermination de titre alcalimétrique et titre alcalimétrique Complet.....	36
II.6.1.7. Titre calcique (Tca^{+2}).....	36
II.6.1.8. Dosage des chlorures (Cl^-).....	37
II.6.1.9. Dosage des nitrates (NO_3^-).....	37

II.6.1.10. Nitrite.....	38
II.6.1.11. Mesure de l'oxydabilité au permanganate de potassium (matière organique).....	38
II.7. Analyses bactériologiques.....	39
II.7.1. La méthode dénombrement après filtration sur membrane.....	39
II.7.2. Recherche et dénombrement des microorganismes.....	40
II.7.3. Recherche et dénombrement des Entérocoques intestinaux.....	41
II.7.4. Recherche et dénombrement des bactéries Coliformes et d'Escherichia Coli.....	42
II.7.5. Dénombrement des spores d'anaérobies de Clostridium sulfito- réducteurs.....	44

Chapitre III : Résultats et interprétations

III.1. Analyse des paramètres physico-chimiques.....	45
III.1.1. Le pH.....	45
III.1.2. Mesure de la température.....	45
III.1.3. Mesure de la conductivité.....	46
III.1.4. Mesure de la turbidité.....	47
III.1.5. Dureté de l'eau (titre hydrométrique).....	48
III.1.6. Titre alcalimétrique complet (TAC).....	49
III.1.7. Mesure du titre alcalimétrique (TA).....	49
III.1.8. Détermination de la teneur des ions minéraux dans l'eau.....	50
III.1.9. Dosage des nitrites (NO ₂ ⁻) et des nitrates.....	52
III.1.10. Teneurs en matière Organiques (oxydabilité au permanganate).....	54

III.2. Analyses de la qualité microbiologiques des eaux de barrage et de source.....	55
III.2.1. Dénombrement de la flore totale aérobie.....	55
III.2.3. Dénombrement des Coliformes totaux et E. coli.....	56
III.2.4. Dénombrement de Streptocoques fécaux.....	57
III.2.5. Dénombrement des clostridium sulfito-réducteurs.....	58
Conclusion Générale.....	59

Référence bibliographique

Annexes

Liste des figures

Figure I.1 : Structure de la molécule d'eau

Figure I.2 : Cycle général de l'eau

Figure II.1: Image présente la situation d'«Ain Sidi Abdelkader» qui s'appelle aussi «Ain Boukrich»

Figure II.2: photo présente d'«Ain Sidi Abdelkader» qui s'appelle aussi «Ain Boukrich»

Figure II.3 : Image présenté le barrage Oued Kramis»

Figure II.4: photo présente la pompe sous vide pour filtrer les échantillons.

Figure III.1 : Valeurs du pH des différents échantillons en fonction du temps

Figure III.2: Température (C°) en fonction des mois

Figure III.3: Conductivité (mS/cm) en fonction des mois

Figure III.4 : Turbidité (NTU) en fonction des mois

Figure III.5: Titre hydrométrique (la dureté total) des différents échantillons en fonction du temps

Figure III.6 : Titre alcalimétrique complet (F°) des échantillons d'eau prélevés en fonction du temps

Figure III.7: Titre alcalimétrique (F°) des échantillons d'eau prélevés en fonction du temps

Figure III.8 : Teneurs en Calcium (Ca^{2+}) en dans les eaux de barrage et eau de source

Figure III.9: Teneurs en Magnésium (Mg^{2+}) en dans les eaux de barrage et eau de Source

Figure III.10 : Chlorure (Cl^-) en fonction des mois

Figure III.11: Teneurs en nitrate (NO_3^-) en fonction temps

Figure III.12: Teneurs en nitrite (NO_2^-) en fonction des temps

Figure III.13: L'oxydabilité au permanganate (Matière Organiques) en fonction temps et la nature d'eau

Figure III.14: Germes totaux en fonction des trois mois

Figure III.15: Coliformes totaux dans les eaux de barrages et de source

Figure III.16: *E.Coli* dans les eaux de barrages et de source

Figure III.17: Dénombrement des Streptocoques fécaux

**Figure III.18: Clostridium sulfito-réducteurs dans les eaux de barrages et
de source**

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Principales constantes physique de l'eau pure.

Tableau I.2 : les substances chimiques toxiques dans l'eau : limites acceptables.

Tableau I.3 : les substances chimiques dites indésirables dans l'eau : limite acceptables.

Tableau I.4 : normes physico-chimique de l'eau de consommation.

Tableau I.5 : normes bactériologique de l'eau de consommations.

Tableaux I.6 : Classification des eaux selon la conductivité.

Tableau I.7 : Détermination de la minéralisation à partir de la conductivité.

Tableau I.8 : la potabilité en fonction des résidus secs.

Tableaux I.9 : Classes de turbidités usuelles (NTU, néphélométricturbidity unity).

Tableau I.10 : Classification de l'eau selon la dureté totale.

Tableau II.1 : prélèvement et analyses des échantillons durant le mois d'Avril.

Tableau II.2 : prélèvement et analyses des échantillons durant le mois de Mai.

Tableau II.3 : prélèvement et analyses des échantillons durant le mois de Juin.

Liste des abréviations

ADE: Algérienne des eaux de Mostaganem

C° : Celsius Degré

F° : Français Degré

NTU : Néphélométrie Turbide Unit

DMA: Dose Maximales Admissibles

EDTA : Ethyle-Diamine-Tétra-Acétique

NET : Noir Erionchrome T

TTC : Tergitol 7 ou milieu gélose lactose

VF : Viande de Foie

UFC : Unité Formant de Colonie

TGEA : Glucose Tryptone à l'Extrait d'Agar

BEA : Bile Esculine Agar

Cl⁻ : Chlorures

Ca⁺ : Calcium

Cu : Cuivre

Cd : Cadmium

Co : Cobalt

Cr : Chrome

Coli. Totaux : Coliforme Totaux

Coli. Fécaux : Coliforme Fécaux

Ec : Conductivité Electrique

Fe : Fer

HCO₃⁻ : Bicarbonate de Calcium

K⁺ : Ion Potassium

Meq /l : Milli Equivalent par Litre

mg : Milli Gramme

mg/l : Milli Gramme par Litre

Mg : Magnésium

Mn : Manganèse

Na⁺ : Ion de Sodium

NO₃⁻ : Nitrate

NO₂⁻ : Nitrite

Ni : Nickel

O.M.S : Organisation Mondiale de la Santé

Pb : Plomb

PO₄³⁻ : Les Ortho Phosphatent

PH : Potentiel d'Hydrogène

SO₄²⁻ : Ions Sulfates

V : Vanadium

% :Parentage

μS.cm⁻¹ : Micro Siemens par Centimètre

Résumé

L'eau de la source de «Ain sidi Abdelkader» et l'eau de barrage de «Kramis» représentent les ressources importantes pour l'alimentation en eau potable pour les habitants pour la commune Achaacha (Wilaya de Mostaganem). A cet effet, le présent travail consiste à effectuer une étude pour déterminer la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source et de la comparer avec l'eau de barrage avant et après de traitement et abonné. Plusieurs paramètres chimiques et bactériologiques ont été explorés. Les résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques ont montré que ces ressources répondent aux différentes normes algériennes et internationales. Une diminution significative dans la concentration de plusieurs polluants a été détectée pour les eaux traitées par rapport aux eaux brutes du barrage.

Mot clés : eau de source, eau de barrage, physico-chimiques, bactériologiques, polluants

Abstract

The water from the source of "Ain sidi Abdelkader" and the dam water of "Kramis" represent the important resources for the drinking water supply for the inhabitants for the municipality Achaacha (Wilaya of Mostaganem). For this purpose, the present work consists in carrying out a study to determine the physico-chemical and bacteriological quality of the water of the source and to compare it with the water of barrage before and after treatment and subscriber. Several chemical and bacteriological parameters have been explored. The results of physico-chemical and bacteriological analyzes have shown that these resources meet the different Algerian and international standards. A significant decrease in the concentration of several pollutants has been detected for treated water compared to the raw water of the dam.

Key words: spring water, dam water, physico-chemical, bacteriological pollutants

ملخص

تمثل مياه منبع "عين سيدي عبد القادر" ومياه سد "كراميس" الموارد المهمة لإمدادات مياه الشرب لسكان بلدية عشعاشة (ولاية مستغانم) يتمثل العمل الحالي في إجراء دراسة لتحديد الجودة الفيزيائية والكيميائية لمياه المنبع ومقارنتها بمياه السد قبل وبعد العلاج وعند المشترك. وقد تم استكشاف العديد من المعايير الكيميائية والبكتريولوجية. وقد أظهرت نتائج التحاليل الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية أن هذه الموارد تلبى المعايير الجزائرية والدولية المختلفة. وقد تم الكشف عن انخفاض كبير في تركيز العديد من الملوثات للمياه المعالجة مقارنة بالمياه الخام في السد.

الكلمات المفتاحية ماء منبع ، ماء السد ، تحاليل فيزيولوجية ، تحاليل يكترولوجية .

Introduction Générale

Introduction générale

La vie sur notre planète a débuté dans l'eau, c'est un élément indispensable à la vie, elle y a évolué pendant trois milliards d'années avant de gagner la terre ferme. Aujourd'hui encore, elle demeure dépendante de l'eau, la plupart des cellules baignent dans cette substance ; en fait, elles contiennent de 70 % à 90 % d'eau environ, l'eau recouvre également les trois quart de la surface de la terre. (Neil a et al. 2004)

L'eau est l'élément de la nature qui illustre au mieux les liens étroits qui existent entre l'homme et son environnement, cette liaison est particulièrement étroite pour les besoins en eau de l'homme puisque il consomme des quantités énormes d'eau et en polluent la totalité. (Dajoz R, 1982)

Sur le plan mondial, la demande en eau potable de bonne qualité devient de 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. 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. D'autres effets directs sur la physiologie rénale présentent l'eau de bonne qualité nutritionnelle comme un facteur vital.

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

Notre travail consiste à faire des analyses physico-chimiques et bactériologiques pour déterminer la qualité de l'eau avant et après de traitement et l'eau de robinet du barrage de Kramis et l'eau de source du « Ain Boukrich» qui s'appelle aussi Ain « Sidi abd elkader» durant les trois mois (Avril, Mai et Juin) conçue au consommateur.

Les résultats obtenus sont comparés aux normes nationales et internationales semblent déterminer les paramètres de potabilité de nos échantillons.

I.1. Introduction

L'eau est la plus importante source vitale à commencer par l'unité fondamentale de l'être vivant. Les zones humides représentent les meilleurs exemples d'écosystème du point de vue de leurs fonctions biologique : productivité biologique, habitat et richesse écologique pour les espèces animale et végétale, leur fonctions écologique et hydrologique et de leur importance socio-économique (Hubert et Marin, 2001).

L'eau joue un rôle considérable dans la vie sur terre, c'est un élément indispensable à toute forme de vie et c'est le principal composant de la matière vivante. Selon de nombreux scientifiques, l'origine de la vie est dans l'eau, la vie est d'abord apparue dans l'eau sous des formes rudimentaires, en 1925, déjà, *Alexandre Oparine*, dans son ouvrage intitulé : « L'origine de la vie sur terre » affirmait que l'origine de la vie était dans l'eau (Neil et al. 2004)

I.2. Définition de l'eau

L'eau est un corps incolore, inodore et sans saveur, liquide à la température et à la pression ordinaire et transparente à l'UV ; la molécule d'eau est très simple, elle est constituée de deux atome d'hydrogène et d'un atome d'oxygène unis par des liaisons covalents simple et qui transport la molécule et les ions. L'eau est une des rares substances qui possèdent une masse volumique plus petite à l'état solide qu'à l'état liquide ; elle joue aussi le rôle d'un solvant polyvalent donc facilement polluable, contribue à dissoudre les matériaux indispensables aux tissus pour y être assimilés. L'eau stabilise la température atmosphérique en absorbant la chaleur de l'aire plus chaude et en libérant sa propre chaleur dans l'air plus froid, cette capacité découle de sa chaleur spécifique relativement élevée. (Rodier 2004)

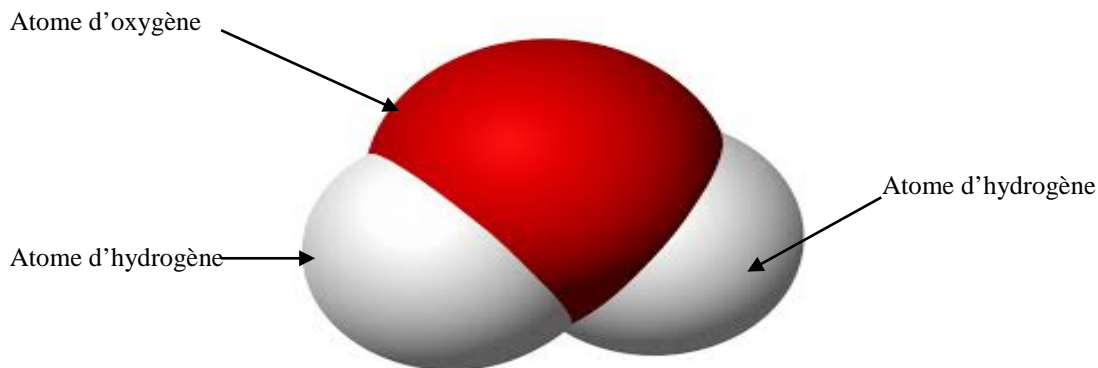


Figure I.1 : Structure de la molécule d'eau

I.3. Propriété physico-chimique

La structure de l'eau dépend de son état physique, l'état gazeux (vapeur) correspond particulièrement à la formule H_2O tandis que l'état solide (Glace) ou liquide sont à l'état condensé plus compliquée.

I.3.1. Propriétés physique

I.3.1.1. Masse volumique

La masse volumique varie avec la température et la pression, la masse volumique de la glace est plus faible que celle de l'eau. La densité maximale de l'eau est obtenue pour une température de $3,984\text{ C}^\circ$ (Musy et Higy, 2004). Ainsi, l'eau est considérée comme un fluide incompressible. Mais, en fait, c'est un fluide légèrement élastique : son volume décroît d'environ 0,048% chaque fois que la pression augmente d'une atmosphère (Degremont, 2005)

I.3.1.2. Propriétés oxydo-réductrices

L'eau constitue un système oxydo-réducteur particulièrement important à considérer puisque son domaine de stabilité sera limité par ses réactions d'oxydation et de réduction (Nordmann et al., 2000). Le pôle positif représente un déficit en électron, c'est un agent oxydant. Le pôle négatif est caractérisé par un excès d'électron c'est un agent réducteur qui pourra céder des électrons (Durend, 2001)

I.3.1.3. Conductivité électrique de l'eau

L'eau est légèrement conductrice. La conductivité de l'eau la plus pure que l'on ait obtenue est de 4,2 microsiemens par mètre à 20°C (correspondant à une résistivité de 23,8 mégohms-centimètres). Elle augmente lorsque des sels sont dissous dans l'eau et elle varie en fonction de la température (Degremont, 2005)

I.3.1.4. Propriété optique

La transparence de l'eau dépend de longueur d'onde de la lumière qui la traverse. L'eau absorbe fortement l'orangé et le rouge dans le visible, d'où la couleur bleue de la lumière transmise en couche épaisse, cette transparence est souvent utilisée pour apprécier certaines forme de pollution (Degremont, 2005)

I.3.2. Propriété chimique

L'eau est un excellent solvant, donc facilement polluée de dissolution d'une substance est une destruction de sa cohésion interne, cette dernière est due à des forces inter atomique et intermoléculaire. L'eau est, par ses propriétés électriques et sa constitution moléculaire, particulièrement apte à la mise en solution de nombreux Corp. gazeux, liquides polaires, et surtout solides (Degremont, 1989) (Tableau I.1)

Tableau I.1 : Principales constantes physique de l'eau pure (Boeglin, 2001)

Eau liquide	
Température d'ébullitions sous 760 mm Hg (101 325,02 Pa)	100%
Capacité thermique massique à 15 °C	4,186 8 j.g ⁻¹
Enthalpie de la vaporisation à 100°C	2252,5 j.g ⁻¹
Conductivité thermique à 20°C	5,98 mW.cm ⁻¹ . K ⁻¹
Résistivité à 20 °C	23 ,8 MΩ. cm
Permittivité relative ϵ à 20°C	80
Indice réfraction pour la raie D à 10°C	1,333
Masse volumique à 4°C	1g .cm ⁻³ (par définition)
Eau solide	
Température de fusion	0°C (par définition)
Capacité thermique massique	2 ,093 4 j.g ⁻¹
Enthalpie de fusion sous 760 mm Hg (101 325,02 Pa)	333,27 j.g ⁻¹
Tension de vapeur à 0°C	877,128Pa

Permittivité relative ϵ	3,26
Indice de réfraction pour la raie D	1,309 07
Densité (par rapport à l'eau à 4°C)	0,916 49 \neq 0,0007
Eau vapeur	
Conductivité thermique à 100 °C	0,231 mW. Cm
Densité par rapport à l'air	0,62337
Indice de réfraction pour la raie D à 100°C	1,00259

I.4. Importance de l'eau

L'eau est le principal constituant du corps humain. La quantité moyenne d'eau contenue dans un organisme adulte est de 65 %, ce qui correspond à environ 45 litres d'eau pour une personne de 70 kilogrammes.

L'organisme élimine en permanence de l'eau. En fin de digestion la plus grande part de l'eau traverse les parois de l'intestin pour aller rejoindre le sang et la lymphe, qui la transportent dans tout l'organisme, notamment vers les reins, la peau et les poumons ; elle sera ensuite éliminée de diverses manières (urine, sueur, expiration).

L'homme doit donc chaque jour subvenir à ses besoins en eau, en buvant, mais aussi en mangeant car les aliments en contiennent beaucoup. Pour maintenir l'organisme en bonne santé, les pertes en eau doivent toujours être compensées par les apports. La soif est d'ailleurs un mécanisme par lequel l'organisme " avertit " qu'il est en état de déshydratation (Balderacchi, 2009)

I.5. Cycle de l'eau

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

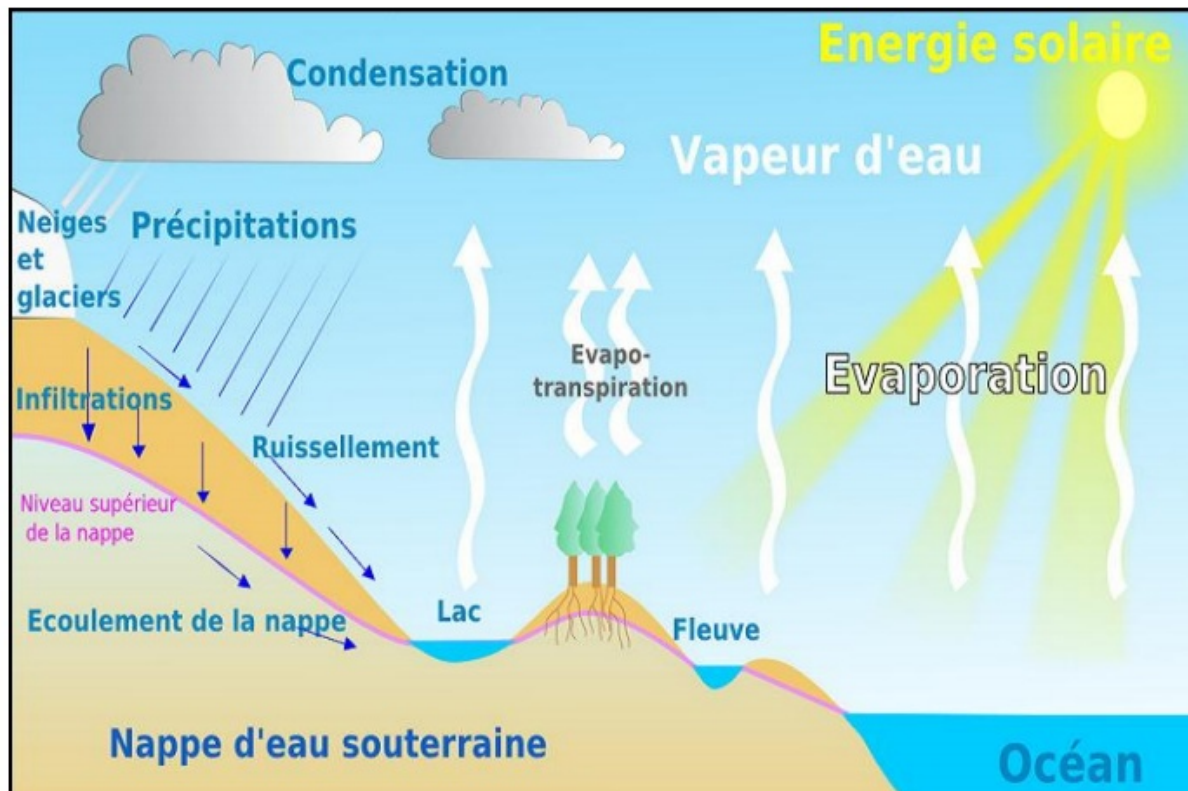


Figure I.2 : Cycle général de l'eau (Sari, 2014).

I.6. Les sources d'alimentations en eau

L'eau destinée à l'alimentation de la population peut être d'origine superficielle ou souterraine. Les eaux de surface, des eaux de ruissellement sont représentées par les fleuves et par les lacs. Ce sont des eaux de moins bonne qualité, elles sont presque toujours contaminées et elles doivent être correctement épurées avant tout usage domestique. On distingue également l'eau de pluie, quand elle est recueillie directement, elle est pure, mais imparfaite pour la boisson, en raison de l'absence de minéraux dissous. Les nappes souterraines produisent généralement une eau de bonne qualité, mais elles sont plus difficiles à exploiter.

I.6.1. L'eau de surface

Les eaux de surface proviennent surtout de pluies; elles sont constituées d'un mélange d'eau de ruissellement et d'eaux souterraines.

Les eaux de surface sont constituées également par les lacs, les retenues d'eau de pluies, les réservoirs de stockage d'eau et les divers procédés de retenues d'eau (citerne de récolte d'eau de pluie par exemple pour les habitants des fermes).

Les mers peuvent constituer également des sources d'alimentation en eau, mais à une échelle réduite, grâce aux procédés de dessalement.

Les eaux de surface sont plus fréquemment contaminées (barrage, rivières), elles nécessitent plus d'infrastructures pour leur transport jusqu'aux agglomérations.

Ce sont des eaux qui se caractérisent par une forte charge en impuretés et par une pollution biologique et surtout chimique. La pollution est due surtout aux rejets dans le milieu naturel de grandes quantités d'eaux usées brutes et souvent chargées en polluants toxiques. (Neil et al. 2004)

I.6.2. Eaux souterraines

Les eaux, qui ne se sont ni évaporées ni retournées à la mer par ruissellement, s'infiltrent dans le sol et le sous-sol et s'y accumulent pour constituer les eaux souterraines. La pénétration et la rétention des eaux dans le sol dépendent des caractéristiques des terrains en cause et notamment de leur structure qui peut permettre la formation de réservoirs aquifères appelés nappes (Mahamat B et Beskri A, 2010)

I.6.2.1. Les nappes

I.6.2.1.1 Définitions

« L'aquifère », ou encore la nappe d'eau souterraine est un gisement d'eau souterraine utilisable comme source d'eau (Kettab, 1992)

Une nappe est constituée par l'ensemble de l'eau qui occupe les interstices de roches poreuses dans un domaine défini par son épaisseur et son étendue (Pomerol et Renard, 1997).

I.6.2.1.2. Les différents types de nappes

a. Nappe libre

C'est une nappe qui peut se développer librement vers le haut puisque le terrain perméable, siège d'une nappe aquifère, n'est pas couvert par une couche imperméable

b. Nappe captive

Lorsque la couche perméable est emprisonnée entre deux couches imperméables, la nappe ne peut se développer vers le haut et est alors appelée nappe captive (Bonnin, 1982)

Les nappes peuvent être classées en nappes phréatiques et nappes profondes.

- Les nappes phréatiques sont celles qui reposent sur la première couche imperméable proche du niveau du sol, sont toujours libres et souvent contaminées.
- Les nappes profondes dites subordonnées reposent sur une couche perméable plus profonde et peuvent être libres ou captives (Dupont, 1974)

I.7. L'eau de source

I.7.1. Définition

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

I.7.2. Les différents types de sources

I.7.2.1. Les principaux types de sources sont les suivants :

I.7.2.1.1. 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)

I.7.2.1.2. 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).

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, 1982)

I.7.2.1.3. 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, 1980)

I.8. Les types d'eau

I.8.1. L'eau brute

De la qualité des eaux brutes (ressource en eau avant tout traitement de potabilisation) les eaux brutes sont classées en trois catégories ; selon l'intensité du procédé

- qualité bonne, traitement physique simple et désinfection.
- qualité moyenne, traitement normal physique chimique et désinfection.
- qualité médiocre, traitement physique chimique posé, affinage et désinfection.

I.8.2. L'eau traitée

I.8.3. L'eau potable

Une eau potable est une eau qui est apte à être utilisée par l'être humain. C'est-à-dire qu'elle peut être consommée ou utilisée par l'homme sans détériorer ou avoir des effets néfastes sur sa santé (immédiatement ou après un temps de latence).

L'eau de boisson ne fournit habituellement qu'une faible quantité des nitrates ingérés (2% à 25%) si elle répond aux recommandations des normes.

L'eau potable peut provenir des nappes souterraines atteintes directement par les puits ou les forages ou encore cueillis au niveau des sources, elle peut être aussi une eau de surface traitée (Bouhaous, 2012)

I.9. Critères de l'eau potable

Les critères de pureté d'une eau potable sont comme suit :

- L'eau pure possède un certain nombre de propriété rigoureusement invariable des critères de pureté.
-

- La température de vaporisation et de congélation constante pendant l'ébullition et la solidification (respectivement 100 et 0° C à pression atmosphérique normale). Une masse volumique toujours égale à 1g/cm³ à 4°C et la distillation de l'eau pure redonne de l'eau absolument identique.
- Une eau potable peut être consommée sans danger pour la santé. Derrière cette simple phase cachent plusieurs dizaines de critères à respecter :
 - des critères physico-chimiques (PH, turbidité, odeur, couleur).
 - des critères de toxicité chimique doivent être absents (quelques vingt-quatre substances chimiques comme métaux, hydrocarbures, pesticides).
 - des critères de pureté microbiologique ; mais aussi des qualités organoleptiques.

En effet pour avoir un goût agréable, l'eau doit contenir de 0.1 à 0.5 g de corps minéraux dissout par litre. Notons que la qualité n'est pas un critère, mais une eau permutée est non potable car elle contient trop d'ions Na⁺ (Cresson, 1999)

I.10. Normes de la qualité des eaux

Une eau de consommation ne doit pas contenir de germes des maladies à transport hydrique, de substances toxiques ni de quantité excessive de matières minérales et organiques. Elle doit par ailleurs, être limpide, incolore et ne posséder aucun goût ou odeur désagréable. En outre l'eau potable doit contenir sans excès un certain nombre d'éléments minéraux dont la présence lui confère une saveur agréable à l'exclusion de ceux qui seraient l'indice d'une contamination ainsi que toute substance toxique. (D.E.R de Géologie, 2002)

**Tableau I.2 : les substances chimiques toxiques dans l'eau : limites acceptables.
(O.M.S ,1998)**

Paramètres	Limites acceptables OMS	Limites acceptables U.E (à /c 1999)
Plomb (Pb)	50 µg/l	25µg/l en l'an 2003 10µg/l en l'an 2013
Cadmium (Cd)	5µg/l	5µg/l
Mercure (Hg)	1µg/l	1µg/l
Cyanures (CN)	100µg/l	50µg/l
Arsenic (As)	0.05mg/l	10µg/l

**Tableau I.3 : les substances chimiques dites indésirables dans l'eau : limite
acceptables. (O.M.S, 1998)**

Substances	Effets indésirables	Doses limites
Les nitrites (NO ₂)	Formation des nitrosamines	0,1 à 1 mg/l
Les chlorures (Cl)	Corrosion des conduites Désagréable	200 mg/l à 600 mg/l
Les nitrates	La méthémoglobinémie Chez les nourrissons	25 à 50 mg/l
Le zinc (Zn)	Saveur astringente	5mg/l (U.E) au robinet à 15mg/l (OMS)
Le cuivre Cu	Coloration, turbidité	0,005 à 1,5 mg/l (OMS) 100 .g/l (U.E)
Le sodium (Na)	Troubles cardio-vasculaires	200mg/l
Le magnésium (Mg)	Gout désagréable Irritation gastro-intestinale	0,05 à 0,5 mg/l (OMS)
Les sulfates (SO ₄)	Irritation gastro-intestinale	200 à 400 mg/l (OMS) 25 à 50 mg/l (U.E)

I.11. Les normes de qualités de l'eau de consommation

Généralement, pour chaque paramètre, on recherche sa présence et l'on détermine sa quantité dans l'eau. La norme pour un paramètre dans l'eau est représentée par un chiffre, qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser et une limite inférieure à respecter, si un paramètre dépasse la concentration limite, il y a absence de conformité par rapport aux normes établies.

Mais si la protection de la santé des collectivités a un caractère impératif, il n'est pas exclu que l'on tient compte également des considérations d'ordre socio-économiques, des possibilités en ressources locales en eau et également de l'expérience acquise. Globalement, la qualité l'eau de boisson doit obéir à des normes définies par une réglementation nationale, il peut en résulter, pour un pays ou une région donnée, des dispositions réglementaires différentes de la qualité de l'eau, par rapport aux normes internationale.

A ce titre, l'O.M.S., dans ses recommandations, ne fixe pas des normes strictes, mais plutôt des valeurs guides qui sont susceptibles d'être utilisées avec une certaine souplesse, dans le souci constant de

Protection de la santé de la population, tout en permettant de porter un jugement comparatif sur la qualité de l'eau.

les normes de qualité de l'eau sont établies, sur la base de calculs de quantités maximales différentes substances pouvant être apportées par l'eau, tout en prenant une confortable pouvant être apportées par l'eau, tout en prenant une confortable marge de sécurité. Cependant tout dépassement d'une norme ne comporte pas nécessairement un risque immédiat pour le consommateur (Bouziani, 2000)

Les tableaux suivant définies les normes physico-chimique et bactériologique de l'eau de consommation par une réglementation internationale :

Tableau I.4 : normes physico-chimique de l'eau de consommation (O.M.S), 1997)

Paramètres	Normes O.M.S	Paramètres	Normes O.M.S
-PH	6,5 – 8,5	Ammonium	0,5 mg / l
-Conductivité	1000 à 2000 $\mu\text{s} / \text{cm}$	Phosphates	0,5 mg / l
-R.S (résidu sec)	2000 mg/l	Oxygène dissous	8 mg / l
-Calcium	100-200 mg / l	Aluminium	0,2 mg / l
-Magnésium	30-60 mg / l	Fer	0,3 mg / l
-Sodium	150 mg / l	Turbidité	2 NTU
-Potassium	12 mg / l	TH	32 °F
-Sulfates	200 mg / l	TAC	30 °F
-Chlorures	250 mg / l	MO	5 mg / l
-Nitrates	50 mg / l	(matière oxydable)	
-Nitrites	0,1 mg / l		

Tableau I.5 : normes bactériologique de l'eau de consommations. (O.M.S, 1997)

Paramètre	Expression des résultats	Limite de qualité
-Coliformes thermo Tolérants	100 ml	00
-Streptocoque fécaux	100 ml	00
-Bactéries sulfito-Réductrices	20 ml	00
-Salmonelles	5 ml	00
-Staphylocoque pathogène	100 ml	00
-Bactériophages fécaux	50 ml	00
-Entérovirus	10 litres	00

I.12. Analyse de l'eau potable

Une analyse d'eau potable est divisée en différents groupes de paramètres. Chaque groupe est composé d'indicateurs visant à garantir le maintien de la qualité générale de l'eau potable.

I.12.1. Paramètres organoleptiques

Les facteurs organoleptiques (couleur, saveur, turbidité et odeur) constituent souvent

les facteurs d'alerte pour une pollution sans présenter à coup sûr un risque pour la santé (Genoudet, 2001)

I.12.1.1. Couleur

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité. (Rodier, 2005)

Elle représentera un indicateur de pollution si elle dépasse l'équivalent de 15 mg/1 de platine cobalt (Lefèvre, 1991)

I.12.1. 2. Odeur

Toute odeur est un signe de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition.

L'odeur peut être définie comme :

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

I.12.1. 3. Goût et saveur

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

I.12.2. Paramètres physico-chimique

Les paramètres physicochimiques (conductivité, salinité, solides totaux dissout la concentration des ions majeurs...). Ces analyses physico-chimiques des eaux du lac municipal ont concerné dix éléments majeurs regroupés en cations et anions (Merabet, 2011)

I.12.2.1. Paramètres physiques

I.12.2.1.1. Température

La détermination de la température est faite au laboratoire à l'aide d'un thermomètre incorporé à l'oxymétrie étalonné avant chaque manipulation. On lit directement la température exprimée en degré Celsius (°C) (Kassim, 2005)

C'est un facteur important pour l'activité biologique, il influence la solubilité de l'oxygène du milieu récepteur, donc son pouvoir auto épurateur (Benallou ,2004)

La température de l'eau dépend d'une série de facteurs

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

I.12.2.1.2. Potentiel hydrogène

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

L'eau naturelle pure est neutre. Le pH d'une eau représente son acidité ou alcalinité. C'est le paramètre le plus important de la qualité de l'eau, il doit être surveillé au cours de toute opération de traitement.

Un pH inférieur à 7 peut conduire à la corrosion du ciment ou des métaux des canalisations, avec entrainement des éléments indésirables comme le plomb et le cuivre (Rodier, 2005)

Un pH élevé conduit à des dépôts de tartre dans les circuits de distributions. Au-dessus de pH 8, il y a une diminution progressive de l'efficacité de la décontamination bactérienne par le chlore. Par ailleurs la chloration diminue le pH (Rodier, 1996)

I.12.2.1.3. Conductivité électrique

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)

Elle est également en fonction de la température de l'eau, et proportionnelle à la minéralisation (Mens et Derouane, 2000)

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. Ce paramètre doit impérativement être mesuré sur le terrain. L'unité de mesure de la conductivité est siemens/cm (s/cm): $1\text{ S /m} = 10^4\mu\text{S/cm} = 10^3\text{S/m}$. La minéralisation de l'eau (teneur globale en espèces minérales) peut entraîner selon les cas, un gout salé, une concentration de la corrosion, et les dépôts dans les tuyauteries (entartrage) .(Joel, 2003)

Tableaux I.6 : Classification des eaux selon la conductivité. (Rodier, 2005)

Type d'eaux	Conductivité ($\mu\text{S/Cm}$)	Résistivité ($\Omega. \text{m}$)
Eau pure	< 23	> 30000
Eau douce peu minéralisée	100 à 200	5000 à 10000
Eau de minéralisation moyenne	250 à 500	2000 à 40000
Eau très minéralisée	1000 à 2500	400 à 1000

I.12.2.1.4. Minéralisation globale

La minéralisation globale correspond à la concentration en sels minéraux dissous.

(Degremont, 1990)

La minéralisation de l'eau est en fonction de la géologie des terrains traversés. D'une façon générale, elle est plus élevée dans les eaux souterraines que dans les eaux superficielles.

Les eaux très minéralisées, du fait de leur teneur en sels dissous, semblent bien contribuer à l'homéostasie de l'homme et surtout de l'enfant; cependant, elles peuvent poser des problèmes endocriniens très complexes (Rodier, 2005)

Il existe une relation entre la teneur en sels dissous d'une eau et sa conductivité.

(Rodier, 2009)

Tableau I.7 : Détermination de la minéralisation à partir de la conductivité (Rodier , 2009)

Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Minéralisation
Conductivité < 50	1,365079 * Conductivité à 20°C
50 < Conductivité < 166	0,947658 * Conductivité à 20°C
166 < Conductivité < 333	0,769574 * Conductivité à 20°C
333 < Conductivité < 833	0,71592 * Conductivité à 20°C
833 < Conductivité < 1000	0,458544 * Conductivité à 20°C
Conductivité > 1000	0,850432 * Conductivité à 20°C

I.12.2.1.5. Résidu sec

La détermination du résidu sec sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension, non volatiles, obtenues après une évaporation d'eau (Rodier, 2005). Une eau dont la teneur en résidu sec est extrêmement faible peut être inacceptable à la consommation en raison de son goût plat et insipide. (WHO., 1994).

Tableau I.8 : la potabilité en fonction des résidus secs. (RODIER J., 2005)

Résidu sec (mg/L)	Potabilité
RS < 500	Bonne
500 < RS < 1000	Passable
3000 < RS < 4000	Mauvaise

I.12.2.1.6. Résistivité électrique

En raison des sels qu'elle renferme, l'eau constitue un électrolyte très étendu. La résistivité électrique d'une eau peut donc mesurer sa minéralisation globale (Dupont, 1974)

L'unité de la résistivité est l'ohmcentimètre (Ωcm). La conductivité est l'inverse de la résistivité. On obtient la résistivité à partir de la conductivité par la formule suivante :

$$\text{Résistivité } (\Omega\text{cm}) = \frac{1000\ 000}{\text{Conductivité}}$$

I.12.2.1.7. Turbidité

C'est la réduction de la transparence de l'eau due à la présence de matière non dissoute.

(Lanteigne, 2003), C'est le premier paramètre perçu par le consommateur (Andriamiradis 2005).

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. La

turbidité de l'eau a pour origine la présence de matières en suspension (argile, limons, particules fibreuses ou organique, micro-organismes....), étant souvent lié à des phénomènes pluviométriques dans les eaux superficielles et dans certaines eaux souterraines (nappes peu profondes). La turbidité se mesure sur le terrain à l'aide d'un turbidimètre. Et sont exprimées

en unités et correspondent à une mesure optique de passage de lumière. D'autres unités comparables sont employées, l'unité néphélométrique de turbidité (Joel, 2003).

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

Les mesures de turbidité ont donc un grand intérêt dans le contrôle de l'épuration des eaux brutes. (Rodier, 2005)

Tableaux I.9 : Classes de turbidités usuelles (NTU, néphéloturbidity unity). (Joel, 2003).

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

I.12.2.1.8. Salinité

C'est la masse de sels (composés ioniques) dissous dans 1L d'eau. Elle s'exprime en g par Kg d'eau. Un composé ionique ou solide ionique cristallin est constitué de cations (ions chargés positivement) et d'anion (ion chargés négativement) régulièrement disposés dans l'espace. Globalement, un cristal ionique est électriquement neutre. Chaque solide ionique cristallin possède une formule statistique qui indique la nature et la proportion des ions présents sans en mentionner. (Gaujour, 1995)

I.12.2.1.9. Matières organiques dissoutes

Dans les eaux naturelles, elles représentent plusieurs familles de composés parmi lesquelles on peut citer les acides humiques, les acides carboxyliques et les acides hydrates de carbone. Elles sont caractérisables globalement par l'oxydabilité au permanganate ou le carbone organique total (Codex Stan et Coin, 1981)

On distingue deux origines de ces matières : les matières organiques acides d'origines animales et les matières organiques basiques d'origines végétales (Codex Stan et Coin, 1981)

Elles constituent une source nutritive essentielle pour la prolifération bactérienne. Ces matières réagissent avec le chlore et affectent le goût et l'odeur (Jean, 2002)

I.12.2.2. Qualité chimique**I.12.2.2. 1. Dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH)**

C'est une qualité particulière de l'eau due à la présence des bicarbonates, des chlorures et des sulfates de calcium et de magnésium, détectée principalement par le fait qu'elle empêche plus ou moins l'eau savonneuse de mousser (Marcel, 1986).

Elle est mesurée par la somme des concentrations en degré de calcium et de magnésium et s'exprime par le titre hydrométrique (TH). L'unité du titre hydrométrique est le milliéquivalent par litre (ou le degré français °F) (WHO., 1994).

Le TH peut subdiviser en TCa^{2+} (titre calcique) et TMg^{2+} (titre magnésien) :

$$TCa^{2+} + TMg^{2+} = TH \text{ (Berne. et Cordonnier, 1991)}$$

En fonction de leur dureté totale, les eaux peuvent être classées suivant les indicateurs du tableau suivant :

Tableau I.10 : Classification de l'eau selon la dureté totale (Berne. et Cordonnier, 1991)

TH en degrés français (°F)	Spécificité de l'eau
0 à 6	Eau très douce
6 à 15	Eau douce
15 à 30	Eau moyennement dure
30 à plus	Eau très dure

I.12.2.2. 2. Titre Alcalimétrique (TA et TAC)

❖ Titre alcalimétrique (TA)

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

Le titre alcalimétrique ou TA mesure la teneur de l'eau en ions hydroxydes « OH^- » et une valence de carbonates.

❖ Titre alcalimétrique complet (TAC)

Il correspond à la teneur en ions OH, CO_3^{2-} et HCO_3^- pour des pH inférieur, à 8,3, la teneur en ions OH et CO_3^{2-} est négligeable (TA=0), dans ce cas la mesure de TAC correspondant au dosage des bicarbonates seuls. (Menad et Metadjer, 2012)

Le titre alcalimétrique complète ou TAC correspond à la teneur de l'eau en alcalins libres, carbonates et hydrogencarbonates. (Berne. et Cordonnier, 1991)

I.12.2.2. 3. Sels Minéraux Dissous

I.12.2.2. 3.1. Cations

➤ Ions 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. Est un composant majeur de la dureté totale de l'eau, le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Il existe surtout à l'état d'hydrogencarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorure etc. les eaux de bonne qualité renferment de 250 à 350 mg/l les eaux qui dépassent les 500 mg/l présente de sérieux inconvénient pour les usages domestique et pour l'alimentation des chaudières. (Khelili et Lazali, 2015)

Le corps humain comprend une moyenne 1,2 kilogramme de calcium essentiellement dans le squelette (Mercier, 2000).

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

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

➤ **Ions Magnésium: Mg^{2+}**

Éléments indispensables à la vie, jouant un rôle important dans la respiration, leurs origines sont naturelles (dissolution des roches magnésites basaltes, argiles) ou industrielle (industrie de la potasse de cellulose, brasserie). La dureté manganésienne de l'eau représente ordinairement le tiers de la dureté totale. Le magnésium en excès donne une saveur amère à l'eau (Kemmer, 1984)

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

➤ **Ions de Sodium : Na^{2+}**

C'est un métal alcalin. Son origine peut être :

- Naturelle (mer, terrain salé....) ;
- Humaine (10 à 15 g Na Cl dans les urines /jour) ;
- 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). Il 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, 1996).

➤ **Ion Fer : Fe^{2+}**

Le fer se classe en 4^{ème} rang des éléments de la croûte terrestre. 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 mais 60 à 70% seulement de la quantité intégrée sont métabolisés (Rodier, 2005).

➤ **Manganèse : Mn^{2+}**

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

I.12.2.2. 3.2. Anions

➤ **Ions Carbonates et Bicarbonates**

L'ion Bicarbonate est le principal constituant alcalin de la plupart des eaux courantes. Sa présence dans l'eau est due à l'action des bactéries qui fournissent du CO_2 à partir des minéraux contenant des carbonates (Rodier, 2005).

➤ **Ions Chlorures : Cl^-**

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

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 Sulfates : SO_4^{2-}**

Le sulfate qui se dissout dans l'eau provient de certains minéraux en particulier du gypse, où apparaît à partir de l'oxydation de minéraux sulfureux. La limite supérieure admise dans l'eau potable est 250 mg/l (Kemmer, 1984).

➤ **Ions Phosphates : PO_4^{3-}**

Les phosphates sont généralement responsables de l'accélération du phénomène 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, goût et 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^+) (Gaujour, 1995).

Ils sont extrêmement solubles; ils pénètrent le sol et les eaux souterraines où se déversent dans les cours d'eau par ruissellement. Ils constituent une des causes majeures de la dégradation des eaux à long terme.

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)

Chez les nourrissons, la réduction du nitrate en nitrite peut provoquer une méthémoglobinémie (inaptitude du sang à transporter l'oxygène) (Ganjour, 1995)

I.12.3. Paramètres bactériologiques

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

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

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

I.12.3.1. Les germes totaux

Microorganismes revivifiables : toute bactérie aérobie, levure ou moisissure, capable de former de colonies dans le milieu spécifié et dans les conditions d'essai décrites dans la norme. Le dénombrement des germes revivifiables, nommés également mésophiles aérobies en fonction de leur conditions de développement est utilisé comme indicateur de pollution, soit dans les milieux naturels de très bonne qualité microbiologique pour contrôler une possible contamination bactérienne. Ce sont essentiellement des eaux souterraines de nappes profondes qui seront ainsi contrôlées, soit dans les réseaux : une augmentation de la concentration bactérienne après la station de traitement peut être le signe d'une multiplication bactérienne dans le réseau ou d'une intrusion de bactéries à l'intérieur de celui-ci.

Permet les bactéries cultivant dans les conditions de la norme, on peut distinguer deux catégories différentes sur le plan de l'hygiène :

- ❖ Les microorganismes se développant à 20°C qui sont des saprophytes présentes naturellement dans l'eau.
- ❖ Les microorganismes se développant à 37°C, température d'un corps humain, qui proviennent de l'homme ou d'animaux à sang chaud.

Même s'il ne s'agit pas forcément de germes pathogènes, ils peuvent monter une contamination de l'eau analysée par des produits animaux, en particulier les matières fécales. (Rejesk., 2002)

I.12.3.2. Coliformes totaux

Les coliformes totaux constituent un groupe de bactéries présent naturellement sur les végétaux, dans les sols ainsi que dans les intestins des humains et des animaux à sang chaud.

Puisqu'ils sont très répandus dans l'environnement, ils font partie des nombreux outils (Santé Canada, 2012). Les coliformes totaux ont servi d'indicateur pour l'eau de boisson depuis le début des années 1900 et sont fréquemment utilisés pour analyser les effluents d'eaux usées.

Cependant, de nouvelles études ont montré que les coliformes totaux ne sont pas utiles en tant qu'indicateur de contamination fécale de l'eau de boisson, et qu'ils ne permettent pas de tirer de conclusions en termes sanitaires ou de santé publique. (OMS ,2011)

A l'origine, les coliformes totaux comprenaient quatre groupes de bactéries : Escherichia, Klebsiella, Enterobacter et Citrobacter. Ces quatre groupes se trouvent dans les excréments des animaux à sang chaud, y compris des humains. Cependant, des découvertes scientifiques récentes ont montré que les quatre groupes originaux.

En fait, il y a à ce jour 19 groupes reconnus de bactéries appartenant aux coliformes totaux, dont dix seulement ont été associés aux excréments (BCCDC Environmental Health Laboratory services, 2006)

Plusieurs groupes de bactéries dans l'environnement appartenant aux coliformes totaux sont associés au sol, à la végétation, ou aux sédiments aquatiques. Par conséquent, tous les coliformes totaux ne sont pas des bactéries provenant d'excréments. Une étude récente a également prouvé que certains groupes de coliformes totaux que l'on trouve dans les excréments animaux sont aussi capables de reproduire dans l'eau naturelle. Cela rend difficile de déterminer si l'eau a été contaminée par des excréments ou pas.

D'une manière générale, les coliformes totaux ne doivent pas être utilisés comme indicateur de contamination fécale de l'eau de boisson. Les coliformes totaux ne répondent pas aux deux critères de base d'un bon organisme indicateur n'être associé qu'aux excréments des animaux, et de ne pas se multiplier dans les eaux naturelles.

I.12.3.3. Coliforme fécaux

Les coliformes thermorésistants (CTR) sont un sous-groupe des coliformes totaux. Coliformes de bacilles à Gram négatifs, aérobies facultatifs, non sporulés, ne possédant pas d'oxydase, capable de se multiplier en présence de sels biliaires et capable de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 24 à 48 heures à une température comprise entre 36 et 37 °C. Ils sont présents dans les animaux à sang chaud. Parmi les coliformes des excréments humains, 96,4% sont des coliformes thermorésistants. Les coliformes thermorésistants se distinguent des coliformes totaux par leur capacité à se reproduire à des températures plus élevées (42-44,5°C). Ils sont associés à la pollution fécale plus étroitement que les coliformes totaux. (BCCDC, 2006)

Historiquement, les coliformes fécaux ont beaucoup servi d'indicateur bactérien de contamination fécale. Même si *E. coli* a remplacé les coliformes thermorésistants dans un échantillon d'eau représente également un danger immédiat pour la santé publique.

I.12.3.4. *Escherichia coli*

E. coli est le principal indicateur utilisé dans l'analyse de qualité de l'eau, depuis plus de 50 ans. Il s'agit d'une bactérie coliforme thermorésistante que l'on trouve essentiellement dans les excréments des animaux à sang chaud, y compris humain. Une eau hautement polluée par des matières fécales peut avoir des niveaux d'*E. Coli* de dizaines de millions de bactéries par litre. La plupart des d'*E. Coli* sont inoffensives ; cependant il existe certaines souches (comme O157:H7) qui sont pathogènes et connues pour provoquer de sévères diarrhées et autres symptômes.

E. coli a des propriétés biochimiques similaires aux autres coliformes et s'en distingue par la présence des enzymes bêta-glucuronidase et galactosidase (beta -gal). De nombreuses méthodes d'analyse de l'eau font appel à la présence de cette enzyme bêta-gluc pour détecter *E. coli* dans des échantillons d'eau. Plus de 95% des *E. coli* testées à ce jour possèdent cette enzyme. Elle est l'un des meilleurs indicateurs de contamination fécale de l'eau de boisson.

Cependant, certaines preuves indiquent que *E. coli* est capable de proliférer dans des sols tropicaux riches en éléments nutritifs, bien qu'il soit généralement reconnu que ce phénomène est limité : dans la plupart des cas, les bactéries indigènes évincent *E. coli*. (OMS, 2012) Quoi qu'il en soit, la présence d'*E. Coli* dans un échantillon d'eau de boisson représente une préoccupation immédiate pour la santé publique.

I.12.3.5. Streptocoques fécaux

Streptocoque fécaux ou entérocoques intestinaux ou streptocoques du groupe(D) de la classification de Lancefield (1928). Ce sont des bactéries qui se présentent sous forme de Cocci à gram positive, sphérique ou ovoïdes non sporulées formant des chainettes, catalase négatif possédant un antigène du groupe D. cultivé en anaérobiose à 44°C, et à Ph 9,6 est capable de dégradé l'esculine en présence de 40% de bile . Ils sont capables de se développer en 24 à 48 heures à 37 °C sur un milieu sélectif à l'azoture de sodium en donnant des colonies caractéristique réduisant le TTC et qui de plus hydrolysent l'esculine en 2 heures à 44°C après repiquage d'une colonie sur une gélose biliée à l'esculine et à l'azoture. Ce sont des pathogènes opportunistes causant des septicémies, infections urinaires.

I.12.3.6. Spores des bactéries anaérobies sulfite-réductrice

Microorganismes anaérobies dont les spores sont la forme de résistance, les plus fréquentes et faciles à mettre en évidence sont les clostridies. Présent dans les matières fécales mais en plus petite quantité qu'Escherichia coli et autres coliformes dans l'environnement (sol, rivières).Ces bactéries provoquent un gout et odeur désagréables (production de sulfure d'hydrogène).la corrosion des tuyaux en métal et béton, tuberculisation des canalisations, Les spores ont une similitude de comportement avec les parasites (résistance à la chloration, indicateur de la présence de microorganismes pathogènes. Du fait de leur similitude de comportement avec les parasites, les spores constituent un bon indicateur pour ces microorganismes. En outre, ces formes résistent aux conditions défavorables de l'environnement, comme la chaleur les radiations ultraviolettes, les désinfectants chimiques et les dessiccations (Rejsek, 2002), Ceci explique que pour ce paramètre particulier, ce ne sont pas des bactéries elles-mêmes mais leurs spores qui sont recherchées.

Matériels et Méthodes

II.1. Objectif

Le présent travail, effectué au laboratoire d'analyse affilié à l'Algérienne Des Eaux «ADE» de la wilaya de Mostaganem, a pour objectif d'établir une comparaison entre des paramètres physico-chimique et bactériologique de l'eau d'une source naturelle «Ain sidi Abdelkader» et ceux des eaux du barrage « KRAMIS» brutes ou après traitement et celui délivrée aux abonnés de l'entreprise.

II.2. description de la zone d'échantillonnage

II.2.1. Source d'Ain sidi Abdelkader«AinBoukriche»

La source est située aux alentours de la commune d'Achaacha près de OuledBoughalem, limité du nord par la plage de Sidi abdelkader et au sud par Oued kramis et Ouest par les villages de Chraifia et OuledBoughalem.



Figure II.1: Image présente la situation d'«Ain Sidi Abdelkader» qui s'appelle aussi «Ain Boukrich»



Figure II.2: photo présente d'«Ain Sidi Abdelkader» qui s'appelle aussi «Ain Boukrich»

II.2. Barrage de KRAMIS



Figure II.3 : Image présenté le barrage Oued Kramis»

II.3. Mode d'échantillonnage

Le prélèvement de l'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté. Il conditionne les résultats analytiques et interprétation qui s'ensuivent. L'échantillon

doit être homogène et représentatif et ne doit pas modifier les caractéristiques de l'eau. Nous devons donc prélever l'eau avec toute précaution d'asepsie ; pour cela plusieurs conditions s'imposent.

Le mode de prélèvement varie selon le lieu, nos échantillons ont été recueillis dans des flacons stériles. Les flacons contenant les échantillons doivent être soigneusement identifiés par des étiquettes qui doivent comporter un certain nombre d'une information à savoir ; l'origine de l'eau, l'adresse exacte de lieu de prélèvement, date et heure de prélèvement, température de l'eau, chlore résiduel et autre remarques. Généralement, la durée de transport d'échantillon depuis le point de prélèvement jusqu'au laboratoire doit être réduite au maximum à 8 heures. L'échantillon doit être conservé dans des glacières entre 4 à 6 C⁰.

II.4. Echantillonnage

L'étude s'est portée sur l'analyse de trois échantillons des eaux de barrage du «KRAMIS» et un échantillon d'eau de source de«AinBoukrich» prélevés à trois périodes différents (Avril, Mai et Juin) Tableau 1.

Tableau II.1 : prélèvement et analyses des échantillons durant le mois d'Avril.

	Eau de source	Eau de barrage		
Lieu de l'échantillonnage	Ain Boukrich	KRAMIS		
Date et heure de prélèvement		Brute	Traité	Abonné
	15/04/2018 à 12 h 00	15/04/2018 à 13 h 00	15/04/2018 à 13 h 00	15/04/2018 à 10 h 00
Date et heure des analyses bactériologiques	16/04/2018 à 11 h 00	16/04/2018 à 11 h 00	16/04/2018 à 11 h 00	16/04/2018 à 11 h 00
Date et heure des analyses physico-chimiques	16/04/2018 à 15 h 00	16/04/2018 à 13 h 00	16/04/2018 à 13 h 30	16/04/2018 à 14 h 00

Tableau II.2 : prélèvement et analyses des échantillons durant le mois de Mai.

	Eau de source	Eau de barrage		
Lieu de l'échantillonnage	Ain Boukrich	KRAMIS		
Date et heure de prélèvement		Brute	Traité	Abonné
	05/05/2018 à 12 h 00	05/05/2018 à 11 h 00	15/04/2018 à 11 h 00	15/04/2018 à 09 h 30
Date et heure des analyses bactériologiques	06/05/2018 à 14 h 30	06/05/2018 à 14 h 30	06/05/2018 à 14 h 30	06/05/2018 à 14 h 30
Date et heure des analyses physico-chimiques	06/05/2018 à 11 h 00	06/05/2018 à 11 h 00	06/05/2018 à 13 h 30	06/05/2018 à 13 h 30

Tableau II.3 : prélèvement et analyses des échantillons durant le mois de Juin.

	Eau de source	Eau de barrage		
Lieu de l'échantillonnage	Ain Boukrich	KRAMIS		
Date et heure de prélèvement		Brute	Traité	Abonné
	03/06/2018 à 12 h 00	03/06/2018 à 13 h 00	03/06/2018 à 13 h 00	03/06/2018 à 10 h 00
Date et heure des analyses bactériologiques	04/06/2018 à 11 h 30	04/06/2018 à 11 h 30	04/06/2018 à 11 h 30	04/06/2018 à 11 h 30

Date et heure des analyses physico-chimiques	04/06/2018 à 12 h 00	04/06/2018 à 12 h 00	04/06/2018 à 12 h 00	04/06/2018 à 12 h 00
---	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

II.4.1. L'échantillonnage de l'eau de robinet (chez l'abonné)

Avant le prélèvement de l'eau de robinet (filtrée, traitée, de réseau), il faut se laver les mains et les rincer à l'alcool puis ouvrir le robinet et laisser couler l'eau 2 à 3 minute avant l'échantillonnage.

II.4.2. L'échantillonnage de l'eau de source

Un échantillonnage direct a été effectué, il s'agit de faire tromper doucement un flacon stérile à l'intérieur de l'eau, à environ de 30cm du surface, tout en évitant le prélèvement des eaux de surface ou des profondeurs pour ne pas risquer de prélever de l'écume ou des sédiments (Rodier et *al*, 2009).

II.5. L'échantillonnage pour les analyses bactériologiques

➤ **Pour les germes totaux**

Les échantillons sont prélevés dans des bouteilles en verre. Les flacons utilisés doivent assurer une fois bouchés, une protection totale contre toute contamination. Il est conseillé d'utiliser des flacons en verre de 250, 500, 1000ml. Avant l'usage, les flacons doivent être soigneusement lavés, puis rincés à l'eau distillée, car il ne doit rester aucune trace d'un éventuel détergent ou antiseptique. Les flacons en verre seront stérilisés par la chaleur, soit à l'autoclave à 120°C pendant 1 heure, soit au four Pasteur à 180°C pendant 1h 30. En présence d'une eau traitée par un oxydant, il faut ajouter avant stérilisation 5 gouttes d'une solution de thiosulfate de sodium à 10%.

➤ **Pour les bactéries coliformes et d'Escherichia Coli**

Les échantillons sont prélevés dans des bouteilles en verre stériles ou dans flacons en polyéthylène stériles à usage unique contenant quelques gouttes d'une de thiosulfate de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) à 10% pour la neutralisation du chlore résiduel dans les eaux désinfectées.

Ils sont conservés à une température inférieure à 10°C dans l'obscurité et analysés dans les 24 heures qui suivent le prélèvement.

➤ **Pour des entérocoques intestinaux**

les échantillons sont prélevés dans des bouteilles en verre stériles ou dans des flacons en polyéthylène stériles à usage unique contenant quelques gouttes d'une solution de thiosulfate de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) à 10% pour la neutralisation du chlore résiduel dans les eaux désinfectées.

Ils sont conservés à une température inférieure à 10°C dans l'obscurité et analysés dans les 24 heures qui suivent le prélèvement.

II.6. Méthodes d'analyse

II.6.1. Méthodes d'analyse physico-chimique

Les prélèvements des échantillons pour l'analyse physico-chimique ont été mis dans des flacons en plastique puis acheminés au laboratoire pour l'analyse.

Les analyses physicochimiques ont été réalisées pour déterminer les paramètres suivants: Température, pH, Conductivité électrique, Dureté totale, Chlorures, Oxygène dissous.

Les méthodes analytiques utilisées sont décrites par Rodier et *al.*, 2009..

II.6.1.1. Le potentiel d'hydrogène (pH)

La détermination électro métrique du PH s'effectue par mesure de la différence de potentiel entre une électrode en verre et une électrode de référent (calomel KCL saturé) en plongeant dans une même solution. Cette différence de potentiel est une fonction linéaire du pH de la solution, selon la loi Nernst le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H^+ . (Rodier et *al.*, 2005).

II.6.1.2. Température

Il est important de connaître la température des eaux. Car elle permet de corriger les autres paramètres d'analyses. La température doit être mesurée in situ. Pour un avoir idée globale sur l'environnement. Ceci consiste à plonger la sonde du thermomètre dans l'échantillon, on attend que la valeur se stabilise, et on la note la valeur mesurée qui est donnée en C°.

II.6.1.3. Mesure de la conductivité électrique

La conductivité électrique a été déterminée à l'aide d'un conductrimètre électrique qui permet de mesurer également les solides totaux dissous.

Un prélèvement d'eau dont le volume suffisant est préparé pour plonger la sonde de conductivité. On tape légèrement la sonde sur le fond du bécher et en agitant à fin de vitrifier que des bulles d'air ne se sont pas formées à l'intérieur il se fait d'environ quelque'un minute pour que le capteur attient l'équilibre thermique avec la solution au cas où la température de la sonde serait totalement déférente de la solution du sel. Les résultats sont exprimés en $\mu\text{S/cm}$ (Rejsk, 2002).

La conductivité (en $\mu\text{S/cm}$) indique la capacité d'une solution aqueuse à conduire le courant électrique. Elle dépend de la présence des ions et de leur concentration relative, ainsi que de la température à laquelle s'opère la mesure. La mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement, mais approximativement la minéralisation globale del'eau Elle s'effectue à l'aide d'un conductimètre (MBEUKAM K. E., 2013 et SARI H, 2014).

II.6.1.4. Mesure de la turbidité

La turbidité est un indice de la présence de particules en suspension dans l'eau. Elle est déterminée à l'aide d'un photomètre. Cet appareil mesure la lumière diffusée et la lumière transmise qui permet de détecté les matières non dissoutes.

Le mode opératoire consiste à remplir une cuvette de mesure, propre et bien essuyée, avec l'échantillon à analyser bien homogène et effectuer rapidement la mesure ; il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure.

II.6.1.5. Mesure de la dureté totale(ou titre hydrotimétrique)

On a prend 100 ml d'eau à analyser dans une fiole de 250 ml. A l'aide d'une pipette pour ajouter 8 ml de la solution tampon et 3 gouttes de l'indicateur NET, cette la solution devient rouge vineuse, ensuite, on a titré par la solution d'EDTA goutte à goutte jusqu'à la l'apparition de la couleur bleu. (ISO 6058 :1984)

La dureté totale de l'eau exprimée en degré Français ($^{\circ}\text{F}$).

II.6.1.6. Détermination de titre alcalimétrique et titre alcalimétrique complet

➤ **Détermination du titre alcalimétrique (TA) :**

On a prélevé 100 ml d'eau à analyser dans un Erlenmeyer, puis nous avons ajouté quelque goutte de phénophtaléine, si la solution se colore en rose on titre avec une solution d' H_2SO_4 (0,02N) en agitant constamment ceci jusqu'à la décoloration complète. Si la solution est incolore, alors le pH de la solution est inférieur à 8,3 est donc le TA est nul.

➤ **Détermination du titre alcalimétrique complet (TAC) :**

Nous avons utilisé l'échantillon traité précédemment de TA ou le prélèvement primitif s'il n'y pas de coloration. On a ajouté 02 gouttes de méthyle – orange et on traite avec la solution de (H_2SO_4) jusqu'à le virage du jaune ou jaune orangé (pH= 4,3).

Expression des résultats : Quand le pH est supérieur de 8,30 on exprime les valeurs de TA et TAC comme suite :

On effet, 1 °F 10mg/l de carbonate de calcium $CaCO_3$ pour le TAC.

II.6.1.7. Titre calcique (Tca^{+2})

Nous avons prend 100 ml d'eau à analyser pour verser dans un bécher de 250 ml auquel sont ajoutés 4 ml solution hydroxyde de sodium NaOH à (2N), puis on a ajouté 0,2 g de poudre de l'indicateur rouge de murexide. Puis on a titré par une solution EDTA (0,02N) goutte à goutte jusqu'au de virage de l'indicateur de rose ou violet. (ISO 6058 :1984)

Les résultats sont exprimés en mg/l, et donnée par l'expression suivante :

$$[Ca^{+2}] = Tca^{+2} \times 40,08$$

40,08 g/mol : c'est la masse molaire atomique de calcium.

La dureté totale de l'eau exprimée en Français (°F)

II.6.1.8. Dosage des chlorures (Cl⁻)

Nous avons pris 100 ml de l'eau à analyser dans un Becher de 250 ml, puis on a ajouté 3 gouttes de solution de chromate de potassium (K₂CrO₄), ensuite on a titré par la solution d'AgNO₃ à 0,01N jusqu'à l'apparition de la couleur rouge brique.

La teneur en chlorure exprimée en mg/l par la relation suivante :

$$[\text{Cl}^-] = V_{\text{AgNO}_3} \times 7,1$$

Où : V_{AgNO₃} : c'est le volume de solution d'AgNO₃ versé en ml.



II.6.1.9. Dosage des nitrates (NO₃⁻)

Mode opératoire

- Pour le témoin, nous avons introduit 10ml E.D dans un bécher de 50 ml plus 3 gouttes de réactif (I) et 3 gouttes de réactifs de réactif (II) plus 2 ml E.D.
- Pour l'échantillon à analyser, on a fait la même chose, nous avons pris 10 ml dans à analyser plus 3 gouttes de réactif (I) et 3 gouttes de réactif (II) plus 2 ml E.D, puis nous avons fait un séchage dans l'étuve, on a laissé refroidir le résidu et on a ajouté 2 ml de réactif (III) on a laissé reposer 10 mn, puis on a ajouté 15 ml de E.D et 15 ml de réactif (IV).

La longueur d'onde utilisée lors de l'analyse au spectromètre est de 451 nm. Les résultats sont présentés en mg/l de nitrate.

II.6.1.10. Nitrite

- Pour le témoin, nous avons introduit 50 ml E.D dans une fiole de 100 ml plus 1ml de réactif (I), après 20 min, on a fait la mesurer au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 543 nm.
- Pour échantillon à analyser, nous avons prend 50 ml dans une fiole de 100 ml plus 1 ml réactif (I), après 20 min on a fait la mesurer au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 543 nm.

La présence de nitrite → couleur rose

II.6.1.11. Mesure de l'oxydabilité au permanganate de potassium (matière organique)**Mode opératoire :**

- Pour le témoin, nous avons introduit 100 ml E.D dans une bécher de 200 ml plus 20 ml de réactif (I) en agitant doucement, puis on a placé ce bécher sur plaque chauffante environ 10 minutes, après on a ajouté 20 ml de réactif (II) et démarrer le chronomètre et maintenir à ébullition pendant 10min, nous avons titré directement avec solution de permanganate de potassium réactif (II)

Incolore → rose persistant 30s noté le volume V_0

Au blanc titré ajouter 20ml réactif (III) réchauffé à 2min (à environ 90C°) retiré avec permanganate de potassium jusqu'à virage de couleur rose.

Incolore → rose persistant 30s noté le volume V_2

- Pour l'échantillon à analyser, nous avons introduit 100 ml l'eau à analyser dans une bécher de 200 ml plus 20 ml de réactif (I) en agitant doucement, puis placer sur plaque chauffante environ 10 minutes, après ajoute 20 ml de réactif (II) et démarrer le chronomètre et maintenir à ébullition pendant 10min, et on a ajouté 20 ml de réactif (III) réchauffé à 2min, après on a titré par permanganate de potassium jusqu'à virage de couleur rose.

Incolore → rose persistant 30s noté le volume V_1

$$IMn = V_1 - V_0 / V_2 \times f$$

f (16mg/l): exprime le résultat en milligramme l'oxygène par litre.

II.7. Analyses bactériologiques

II.7.1. La méthode dénombrement après filtration sur membrane

Cette technique consiste à filtrer sur des membranes qui reteint les micro-organismes recherchés, cette dernière est montée dans un appareil à filtration à quantité d'eau brute ou diluée puis à appliquer cette membrane sur des milieux sélectifs coulés en boîtes pétri après incubation, les colonies développées seront dénombrées et éventuellement prélevées pour être confirmées ou étudiées. Cette technique nécessite une préparation au préalable, qui se déroule selon l'étape suivante :

- ❖ Tout d'abord, il faudrait stériliser l'entonnoir en acier inoxydable ainsi que la membrane poreuse à l'aide d'un bec bunsen.
- ❖ Les refroidir tout de suite après, avec l'eau distillée ou l'eau analysée si on dispose de quantité suffisante.
- ❖ Mettre en place à l'aide d'une pince à bouts arrondis stérile de façon aseptique une membrane d'une porosité nominale de 0,45 ou de 0,22 sa dépend du germe recherché.
- ❖ Déposer ensuite aseptiquement 100ml d'eau à analyser devant un bec bunsen
- ❖ Actionner ensuite la pompe sous vide pour absorber l'eau à travers la fiole. Retirer l'entonnoir puis transférer immédiatement la membrane à l'aide d'une pince stérile, en surface ou en profondeur de la boîte pétrie selon le germe qu'on veut rechercher. (Rejski, 2002; CFMET, 2012)



Figure II.4: photo présente la pompe sous vide pour filtrer les échantillons.

II.7.2. Recherche et dénombrement des microorganismes

❖ Traitement des échantillons

Après, l'étape désinfection des tables de travail à l'alcool, puis on a allumé un ou plusieurs becs Bunsen dans l'espace de travail lorsque les vapeurs du désinfectant ne sont plus olfactivement perceptibles, en fin, on a fait bien homogénéisation du l'échantillon à analyser.

❖ Partie expérimentale

Pour dénombrement les microorganismes d'un l'eau à analyser, Nous avons prend deux boites de Pétri vides de diamètre 55mm stérile, et on a versé chacune 1ml de l'échantillon à analyser par la pipette stérile, ensuite, on a rempli les deux boites de Pétri par le milieu de culture (Gélose T.G.E.A) environ 15 à 20 ml avec une mélangeassions par rotation lente et les laissé solidifier, enfin, nous avons retourné ces boites et incubé une à $36^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant 44 ± 4 heures et l'autre à $22^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant 68 ± 4 heures.

❖ Dénombrement

En premier, nous avons retiré les boites des étuves et après le comptage les colonies présentes dans chaque boite. Ensuite, nous avons calculé le nombre estimé d'unités formant colonies (petites boules blanchâtres ou sous formes lenticulaires et bien distinctes). Si le dénombrement est possible (trop de colonies), nous avons utilisé autre procédure qui c'est une dilution de l'échantillon. Alors, on va retenir les boites contenant moins de 300 colonies, au niveau de deux dilutions successives. Il faut qu'une boite renferme au moins 15 colonies.

❖ Mesures et calculs du résultat

Nous avons calculé ensuite la valeur du nombre N, de microorganismes revivifiables à 22±2°C à part et celle du nombre N de microorganismes revivifiable à 36±2°C à part, en tant que moyenne, à l'aide de l'équation suivante :

$$N = \Sigma c / d$$

Où

Σc : est la somme des colonies dénombrées sur deux boites de dilutions successives retenues

D : est le taux de dilution correspondant à la première dilution

Arrondir les résultats calculés à deux chiffres significatifs après la virgule :

Le résultat final de microorganismes revivifiables dénombrés à 22°C à 37°C par ml d'eau est noté par un nombre compris entre 1,0 multiplié par 10^x ou x est la puissance appropriée de

On a exprimé les résultats sous la forme du nombre d'unités formant colonies par millilitre

Cette méthode est prouvée par le référence : NA 763, ISO 6222 ; 1999.

II.7.3. Recherche et dénombrement des Entérocoques intestinaux**❖ Traitement des échantillons**

Nous avons secoué énergiquement la bouteille contenant l'échantillon avant l'opération de filtration.

❖ Partie expérimentale

En première étape, nous avons flambé par les bacs Bunsens la partie supérieure du support de la rampe de filtration et ainsi les entonnoirs, ensuite, on a déposé la membrane stérile de porosité 0,45 µm sur support de filtration par la pince stérilisée préalablement par flambage, et après la fixation de l'entonnoir sur le support nous avons versé l'eau à analyser jusqu'au 100 ml au minimum, par ailleurs, à l'aide de la pince stérile nous avons retiré la membrane de son support et nous avons la placé à l'endroit sur le milieu Slanetz et Bartly (T.T.C.) préalablement séché sur une plaque histologique en s'assurant que des bulles d'air ne soient pas emprisonnées sous la membrane.

❖ Incubation

Nous avons incubé les boîtes de Pétri à l'envers, $36\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ pendant 44 ± 4 heures.

❖ Lecture

Nous avons examiné les membranes et considéré comme Entérocoques fécaux présumés toutes les colonies qui, quelle que soit leur taille, présentent une coloration rouge, marron ou rose, soit à leur centre, soit à leur périphérie.

❖ Confirmation

Nous avons préchauffé le milieu Bille Esculine à $44\text{ °C} \pm 0,5\text{ °C}$ pendant quelques minutes, ensuite, à l'aide d'une pince stérile, on a transféré la membrane présentant la ou les colonies suspectes et le déposé (sans retournement) sur la gélose Bille Esculine, puis nous avons incubé le milieu à $44\text{ °C} \pm 0,5\text{ °C}$ pendant 2heures.

❖ Mesures et calcul du résultat

La mesure est à exprimer en UFC pour 100 ml d'eau.

Cette procédure est utilisée selon la Norme NA766 en ISO 7899-2 ; Aout2000.

II.6.4. Recherche et dénombrement des bactéries Coliformes et d'Escherichia Coli**❖ Traitement des échantillons**

Nous avons secoué énergiquement la bouteille contenant l'échantillon avant l'opération de filtration.

❖ Partie expérimentale

En premier de chose, nous avons flambé par les bacs Bunsens la partie supérieure du support de la rampe de filtration et ainsi les entonnoirs, ensuite, on a déposé la membrane stérile de porosité $0,45\text{ }\mu\text{m}$ sur support de filtration par la pince stérilisée préalablement par flambage, et après la fixation de l'entonnoir sur le support, puis, nous avons versé l'eau à analyser jusqu'au 100 ml au minimum, par ailleurs, à l'aide de la pince stérile nous avons retiré la membrane de son support et nous avons la placé à l'endroit sur le milieu sélectif (Gélose au Tergitol et au T.T.C.) en prêtant attention à ne piéger de bulles d'air.

❖ Incubation

Enfin, nous avons incubé ces boîtes à $36 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ pendant 22 ± 2 heures, le couvercle vers le bas.

❖ Lecture

Nous avons examiné les membranes et considéré comme positives toutes les colonies petites, lisses légèrement bombées à contour réguliers et pigmentés en jaune orangé ou en jaune (lactose positive).

❖ Confirmation

Nous avons repiqué de façon aléatoire 5 à 10 colonies à des fins de confirmation basée sur le test à l'oxydase d'une part et la production d'indole d'autre part.

❖ Test à l'oxydase

Pour les besoins de ce test, nous avons effectué tout d'abord un repiquage sur gélose TSA à la caséine de 5 à 10 colonies, et incubé à $36 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ pendant 21 ± 2 heures, puis on a effectué le test de l'une des façons suivantes :

Nous avons imbibé un disque d'oxydase avec une goutte d'eau distillée stériles puis déposé une colonie caractéristique, et autre cas, nous avons versé 2 à 3 gouttes du réactif à l'oxydase préparé extemporanément (Tétraméthyl-p-phénylènediamine) sur un papier filtre puis, on a étalé dessus une partie de la culture.

Dans les deux cas la réaction positive est immédiate et se traduit par un virage au bleu violet foncé.

❖ Test à l'indole

Pour cela, nous avons transféré chaque colonie caractéristique séparément (5 à 10) dans un tube contenant 3 ml de bouillon au tryptophane. En bien triturant la colonie dans le milieu puis incubé ce dernier à $44 \pm 0.5 \text{ }^\circ\text{C}$ pendant 21 ± 3 heures puis on a recherché la production d'indole en ajoutant 2 à 3 gouttes du réactif de kowacs. La présence d'une coloration rouge à la surface du bouillon traduit la production d'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu.

❖ Identification

- Est considérée comme bactéries coliforme, toute colonie caractéristique (jaune) dépourvue de l'enzyme oxydase et non productrice d'indole.

- est considérée comme bactérie E. Coli, toute colonies caractéristique (rouge), dépourvue de l'enzyme oxydase, mais productrice d'indole à 44°C.

❖ Mesures et calcul du résultat

Nous avons calculé ensuite a du nombre de bactéries coliformes lactose positives à part, celle des Escherichia coli à part ; le résultat final sera exprimé selon l'équation mathématique suivante :

$$a = b / A . c$$

Où

b : Nombre de colonies caractéristiques présumées dans la boîte.

A : Nombre de colonies repiquage.

c : Nombre total de colonies trouvées dans la boîte.

Elle est décrite selon la référence Dérivée de l'ISO 9308-1 : 2000 / correctif 1 : 2007.

II.7.5. Dénombrement des spores d'anaérobies de Clostridium sulfito-réducteurs

❖ Mode opératoire

On porte un flacon de 100 ml qui contenant de l'eau à analyser dans un bain marie à 80°C pendant 10 minutes pour le but de détruire tous les formes végétatifs de A.S R. puis en refroidir le flacon par l'eau de robinet. Et on fait la filtration sur la membrane de 0,22 µm par le procédé de filtration, on dépose premièrement la membrane dans la boîte pétrie puis on coule le milieu VF à lequel on a ajouté deux additifs de sulfite de sodium (Na₂SO₃) à 5% et alun de fer ammoniacal. Pour approprier le milieu en anaérobiose stricte, l'incubation se fait à 37°C pendant 24h.

- ❖ **La lecture :** Si on voit les colonies noires entourées d'un halo noir de 0,5 mm de diamètre ce qui traduit la présence des spores.

Résultats et interprétations

III.1. Analyse des paramètres physico-chimiques

III.1.1. Le pH

Les résultats de notre étude présentés dans la figure III.1 montrent une certaine stabilité de la valeur des pH des différents échantillons étudiés, des valeurs dépassant les 8 sont enregistrées dans le cas des échantillons des eaux brutes non traitées prélevés au mois d'Avril. Un pH inférieur à 7 a été enregistré pour des échantillons des eaux naturelles de source au mois de Juin.

Le pH est l'un des paramètres les plus importants qui caractérise et détermine la qualité des eaux. Selon Rodier (2009), le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés

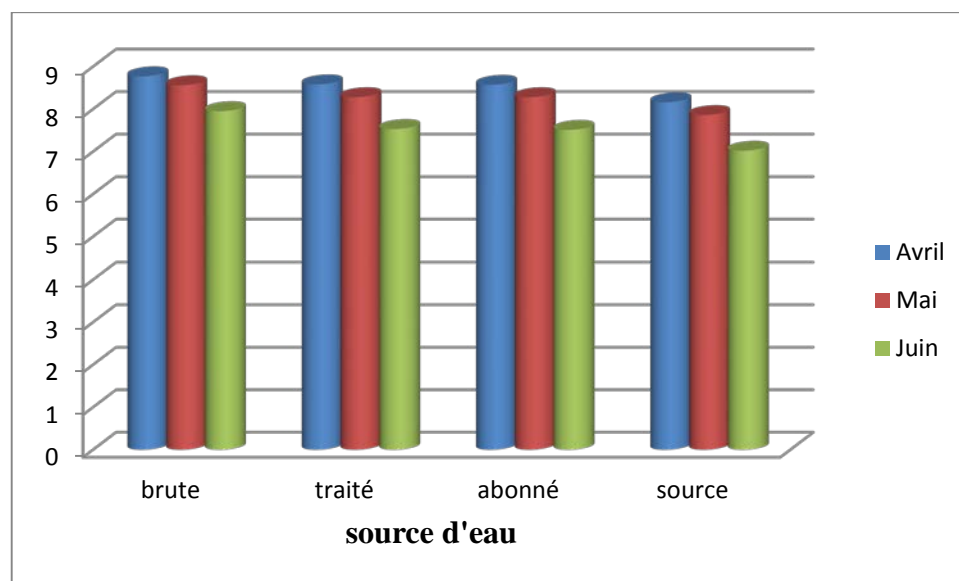


Figure III.1 : Valeurs du pH des différents échantillons en fonction du temps

III.6.1.2. Mesure de la température

Des valeurs de température variant entre 19°C et 21°C ont été enregistrées dans les cas des eaux brutes du barrage et celles des eaux traitées durant la période d'étude (figure III.2). Ces températures sont nettement supérieures aux températures des eaux de source qui varient entre 17.5°C et 19°C.

La température de l'eau est un paramètre de confort pour les consommateurs, elle permet également de corriger les paramètres dont les valeurs sont liées à la température. Les valeurs élevées de température ne seraient pas néfastes pour la santé humaine, mais elle joue un rôle important dans l'augmentation de l'activité chimique des bactéries. Elle varie en fonction de la température extérieure (l'air), des saisons, de la nature géologique et de la profondeur du niveau par rapport à la surface du sol.

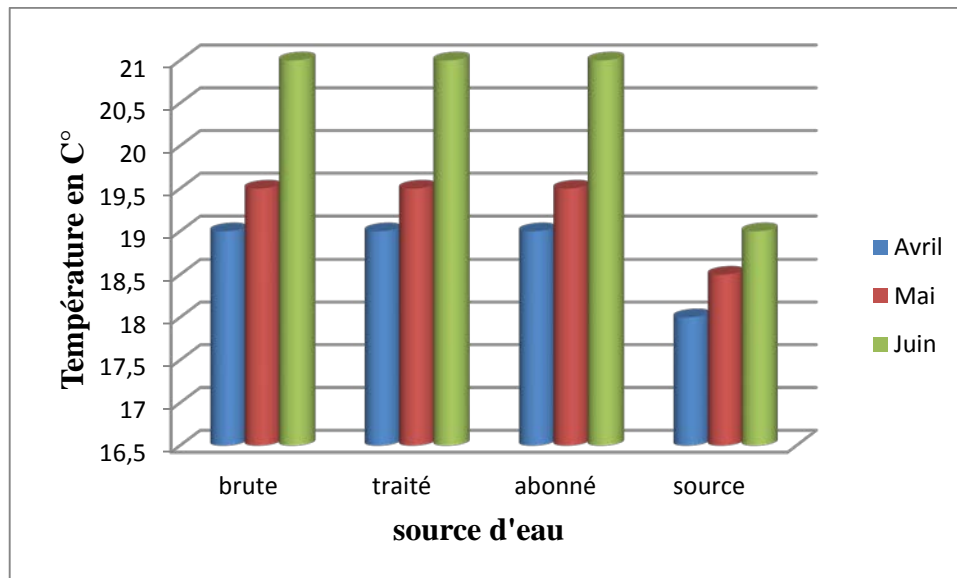


Figure III.2: Température (C°) en fonction des mois (Avril, Mai, Juin)

III.1.3. Mesure de la conductivité

La conductivité des eaux naturelles fournit une information globale sur la quantité des sels dissous qu'elles renferment (Frank and Kemmer, 1992). La norme algérienne indiquant une valeur limitée de 2880 us/cm à 20°C.

Les valeurs de la conductivité de l'eau de barrage est relativement élevée par rapport à celles des eaux de la source naturelle (figure III.3), ceci est du probablement dû à la nature géologique des terrains traversés ce qui donne à l'eau un goût plus au moins salé.

Une légère diminution de la conductivité a été observée pour l'échantillon correspondant au mois de juin à cause des fortes pluies enregistrées durant cette période.

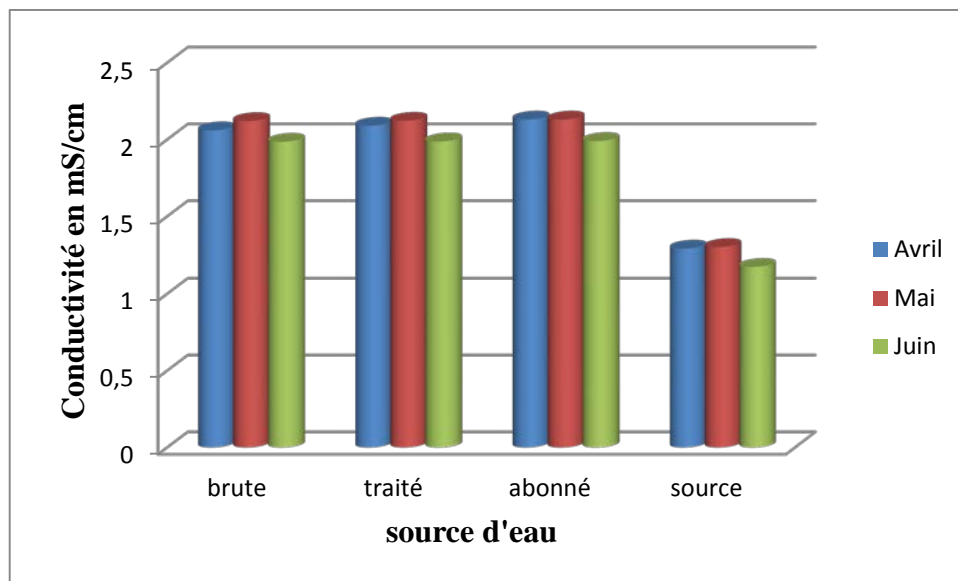


Figure III.3: Conductivité (mS/cm) en fonction des mois (Avril, Mai, Juin)

III.1.4. Mesure de la turbidité

La turbidité traduit la présence des particules en suspension dans l'eau (débris, organiques, argiles, organismes microscopiques...).

On remarque une augmentation de la turbidité de l'eau brute en fonction des mois (figure III.4); ceci est dû aux précipitations des eaux pluviales enregistrées durant cette période. En revanche ; l'eau traitée a enregistré une diminution de la turbidité car le procédé de traitement de la station permet une meilleure décantation des eaux chargées en matières colloïdales (impuretés) par rapport aux eaux claires. La turbidité de l'eau de source est restée constante.

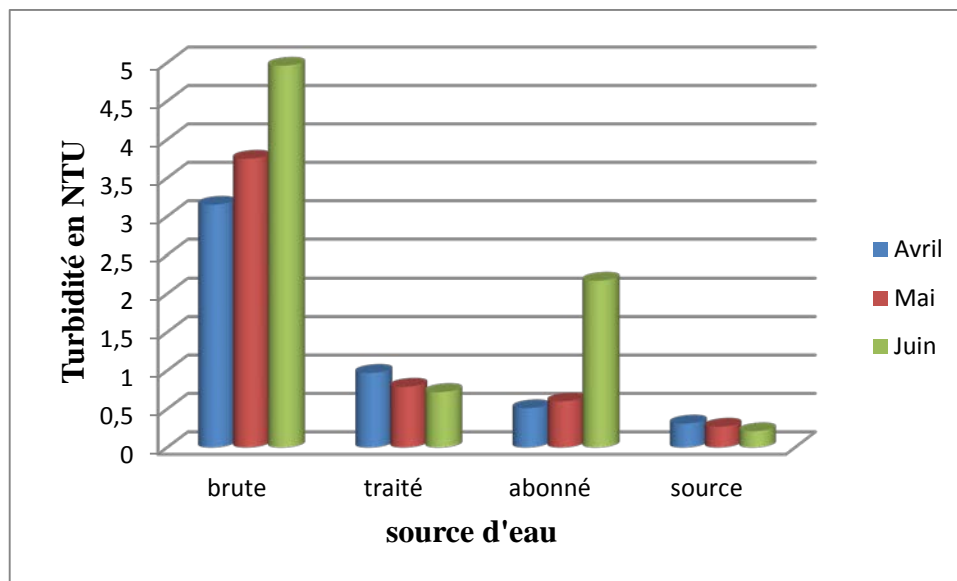


Figure III.4 : Turbidité (NTU) en fonction des mois (Avril, Mai, Juin)

III.1.5. Dureté de l'eau (titre hydrométrique)

La dureté est un caractère naturel lié aux lessivages des terrains traversés et correspond à la teneur en sel calcium et en sel magnésium (Rodier, 2009).

Le procédé de traitement installé au niveau de la station de traitement des eaux du barrage kramis ne permet pas de diminuer la dureté de l'eau qui est relativement élevée en comparaison avec l'eau de source. L'eau de source étudiée est moins dure ; donc plus légère avec moins de dépôt de calcaire.

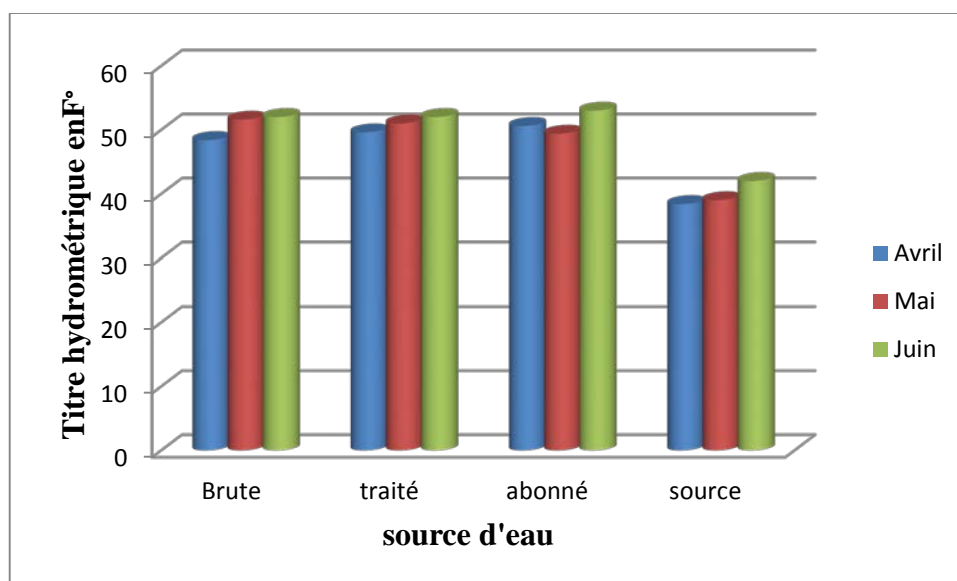


Figure III.5: Titre hydrométrique (la dureté total) des différents échantillons en fonction du temps

III.1.6. Titre alcalimétrique complet TAC

Le titre alcalimétrique total permet de connaître les concentrations en bicarbonates, carbonates et des hydroxydes contenues dans l'eau. Les variations du paramètre de TAC sont négligeables au cours de la filière de traitement des eaux de barrage (figure III.6)..

Le TAC de l'eau de source est inférieur à celui de l'eau de barrage

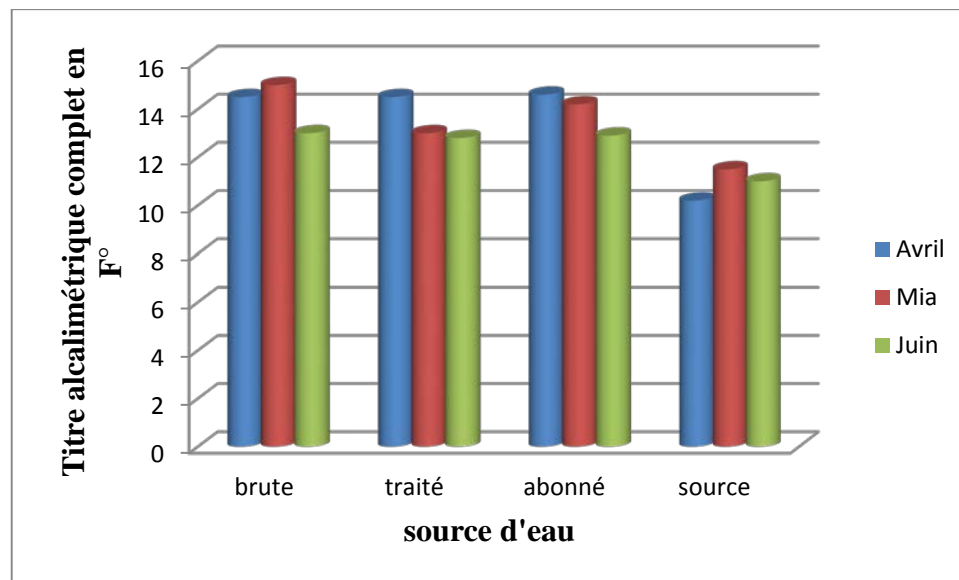


Figure III.6 : Titre alcalimétrique complet (F°) des échantillons d'eau prélevés en fonction du temps

III.1.7. Mesure du titre alcalimétrique (TA)

Le titre alcalimétrique ou TA mesure la teneur en ions alcalins libres (OH^-) et en carbonates (CO_3). Le degré du titre alcalimétrique est en relation avec le pH ($\text{pH} < 8.3$, $\text{TA} = 0$).

Des valeurs variables entre 0.4 et 0.5°F ont été enregistrées pour des échantillons prélevés au mois d'avril à partir des eaux de barrage. Au contraire il a été constaté que les valeurs de TA pour les eaux de la source sont très faibles (proches de zéro) (figure III.7).

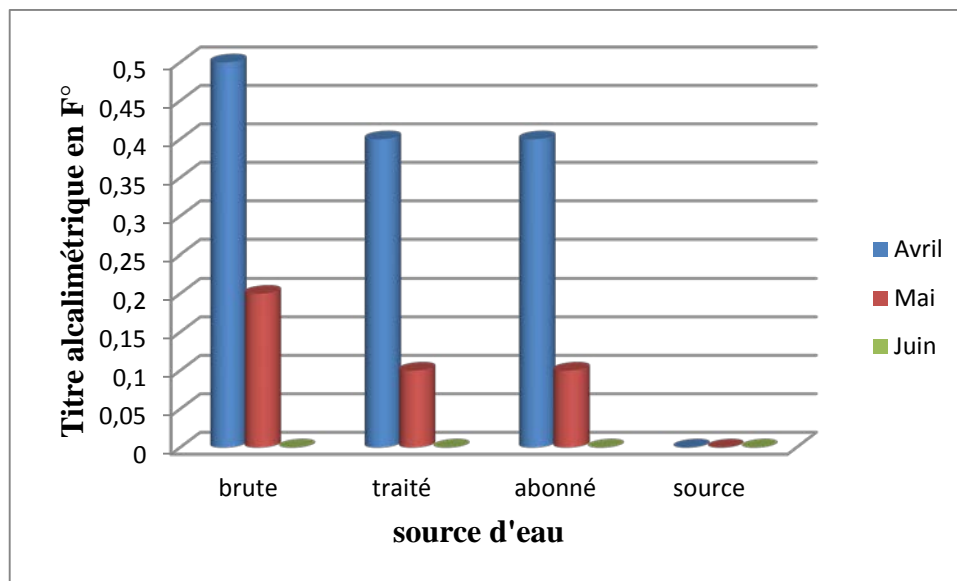


Figure III.7: Titre alcalimétrique (F°) des échantillons d'eau prélevés en fonction du temps

III.1.8. Détermination de la teneur des ions minéraux dans l'eau

Plusieurs éléments sont le plus souvent retrouvés dans les différentes catégories d'eau. Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Les normes algériennes préconisent une concentration de 200 mg/l comme concentration maximale.

Des teneurs variables de cet élément ont été enregistrées dans nos échantillons, l'eau de source analysée présente une teneur en calcium (Ca^{+2}) plus élevée en comparaison avec l'eau de barrage (terre calcaïque) (figure III.8). Ces valeurs de calcium sont conformes aux normes Algériennes.

De l'autre côté, l'analyse des différents échantillons a permis de déterminer des concentrations variables en ions Magnésium. Les valeurs enregistrées sont bien inférieures aux valeurs préconisées par la réglementation dans notre pays qui exige une concentration de 150 mg/L au maximum (figure III.9). Le taux du magnésium de l'eau de source est relativement inférieur à celui de l'eau de barrage ce qui se traduit par une dureté moins élevée donc moins de dépôt de calcaire. Il est généralement admis que les ions de Magnésium constituent un élément significatif de la dureté de l'eau, sa teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrés (calcaires dolomitiques, dolomies du jurassique ou du trias moyen) (Rodier, 2005).

Les teneurs en chlorures des eaux analysées sont extrêmement variables (figure III.10) cela pourrait être expliqué par la composition des eaux de rejets ou principalement à la nature des terrains traversés ; .mais elle reste conforme aux normes de notre pays qui fixe une concentration maximale admissible de 500 mg/l.

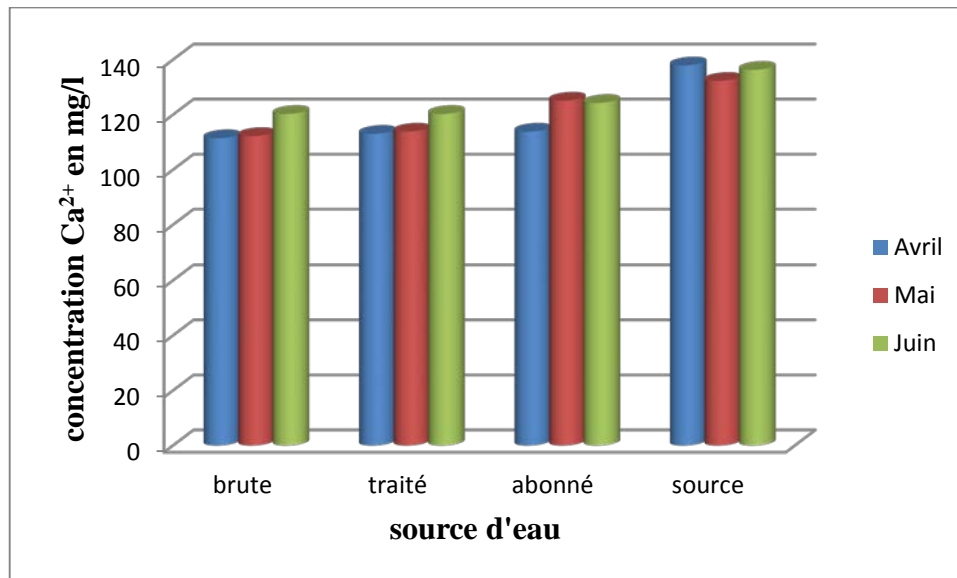


Figure III.8 : Teneurs en Calcium (Ca^{2+}) en dans les eaux de barrage et eau de source

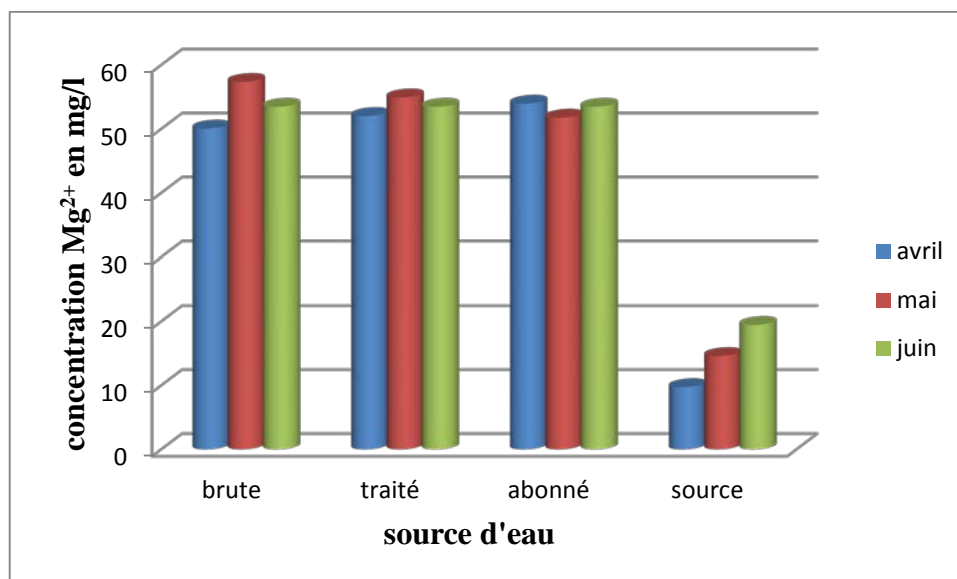


Figure III.9: Teneurs en Magnésium (Mg^{2+}) en dans les eaux de barrage et eau de source

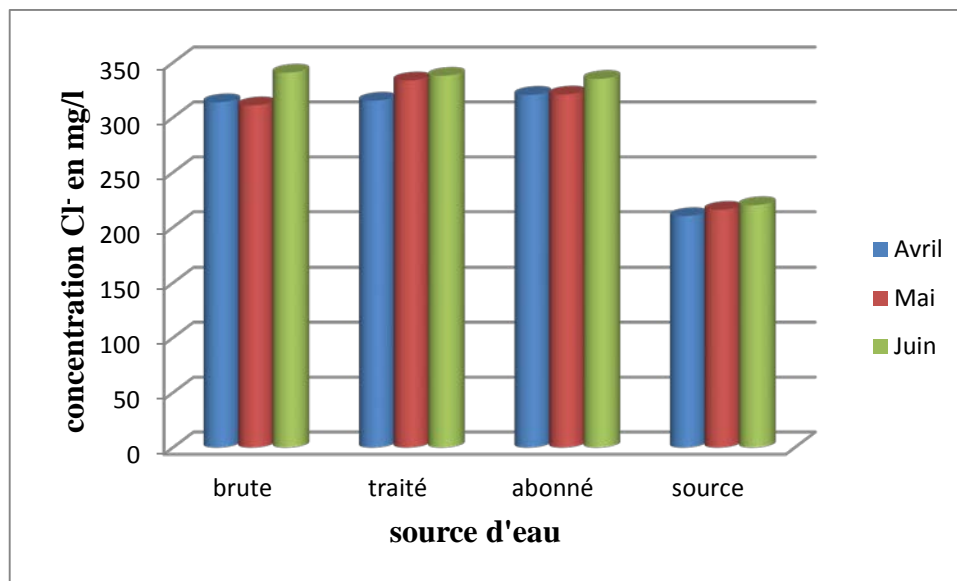


Figure III.10 : Chlorure (Cl⁻) en fonction des mois (Avril, Mai, Juin)

III.1.9. Dosage des nitrites (NO₂⁻) et des nitrates

Des teneurs élevées en nitrates ont été enregistrées au niveau de l'eau de source par rapport aux eaux de barrage (figure III.11). Cela peut être expliqué par la forte activité agricole au niveau des terres au dessus de la nappe souterraines (utilisation excessive des engrais).

La concentration en nitrate dans les eaux souterraines est normalement basse, mais peut atteindre des niveaux élevés en raison de l'écoulement agricole, l'écoulement de décharge d'ordures, ou de contamination avec les déchets des animaux ou des humaines. Les normes algériennes indiquent une valeur maximale de 0.1 mg/L.

Contrairement aux nitrates, cette eau de source contient des quantités faibles en nitrite en comparaison avec l'eau de barrage où des quantités maximales sont enregistrées en mois d'avril pour les eaux non traitées. Ces concentrations montrent une diminution relative en fonction du temps et du traitement (figure III.12).

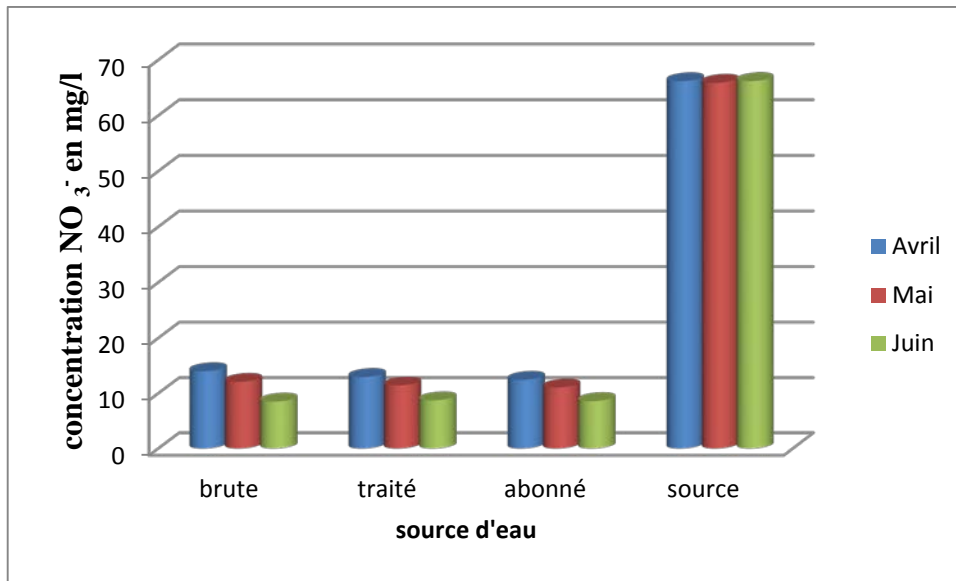


Figure III.11: Teneurs en nitrate (NO_3^-) en fonction temps

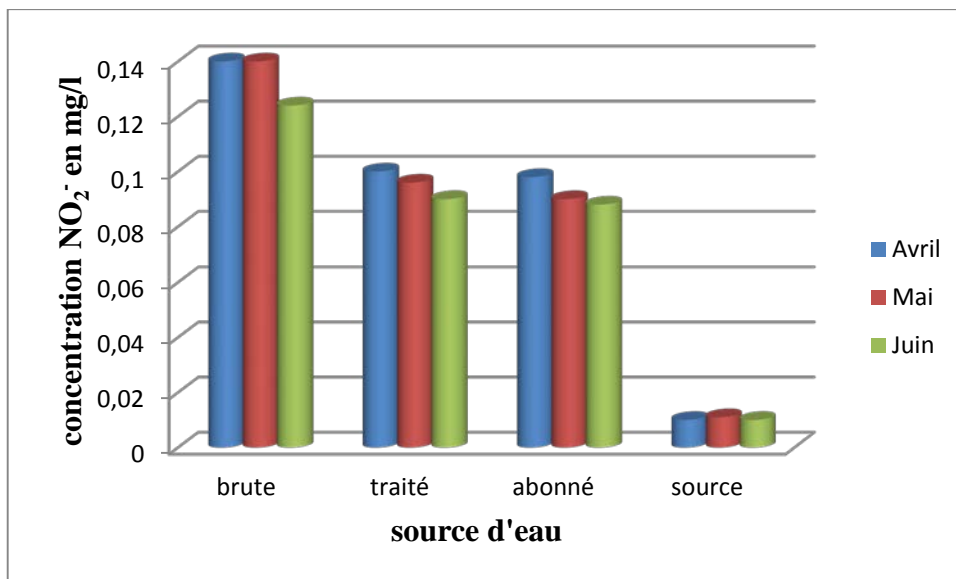


Figure III.12: Teneurs en nitrite (NO_2^-) en fonction des temps

III.1.10. Teneurs en matière Organiques (oxydabilité au permanganate)

Ce test conventionnel permet d'apprécier la teneur en matière organique en même temps que la présence d'autres substances réductrices. Des concentrations en matière organique élevées ont été mis en évidence dans le cas des eaux brutes de barrage, ces valeurs ont montré une nette diminution pour les autres échantillons surtout dans le cas des eaux de source (figure III.13) cela est expliqué par le fait que la concentration de la matière organique est souvent réduite au niveau de la décantation et filtration au cours du procédé de traitement des eaux de barrage ainsi en cours de traitement biologique par des bactéries aérobies et anaérobies.

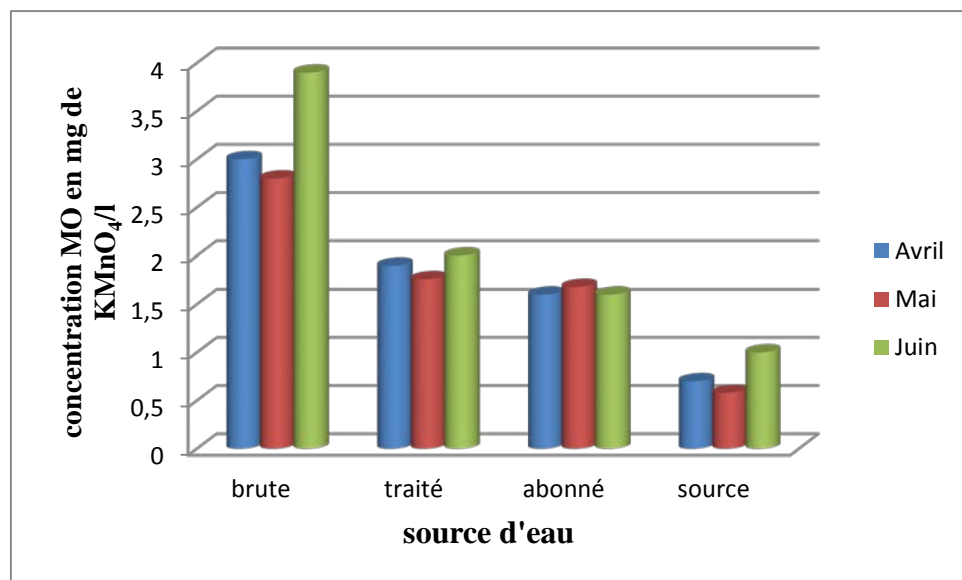


Figure III.13: L'oxydabilité au permanganate (Matière Organiques) en fonction temps et la nature d'eau

III.2. Analyses de la qualité microbiologiques des eaux de barrage et de source

Les analyses bactériologiques ont été effectuées au niveau du laboratoire ADE, et consiste à la recherche des Coliformes totaux , des Streptocoques fécaux, des Clostridium sulfito-réducteurs, des germes totaux et des *Escherichia Coli*. Les résultats que ns obtenus lors des analyses bactériologiques effectués sont présentés sous forme d'histogrammes ci-dessous :

III.2.1. Dénombrement de la flore totale aérobie

La flore totale est généralement un indicateur de la qualité microbiologique d'un aliment et permet de suivre son évolution dans le temps. L'analyse microbiologique de nos échantillons a permet de montrer que le nombre de la flore totale dans les eaux de barrage évolue en fonction du traitement (figure III.14) tandis que celui de l'eau de source montre une certaine stabilité. Ces résultats peuvent être expliqués par le fait que les eaux de barrages sont plus exposées aux différentes sources de contamination d'une part et elles subissent plusieurs traitements de désinfection d'autre part, tandis que l'eau de source les résultats démontrent une stabilité relative de sa qualité microbiologique durant toute la période d'étude.

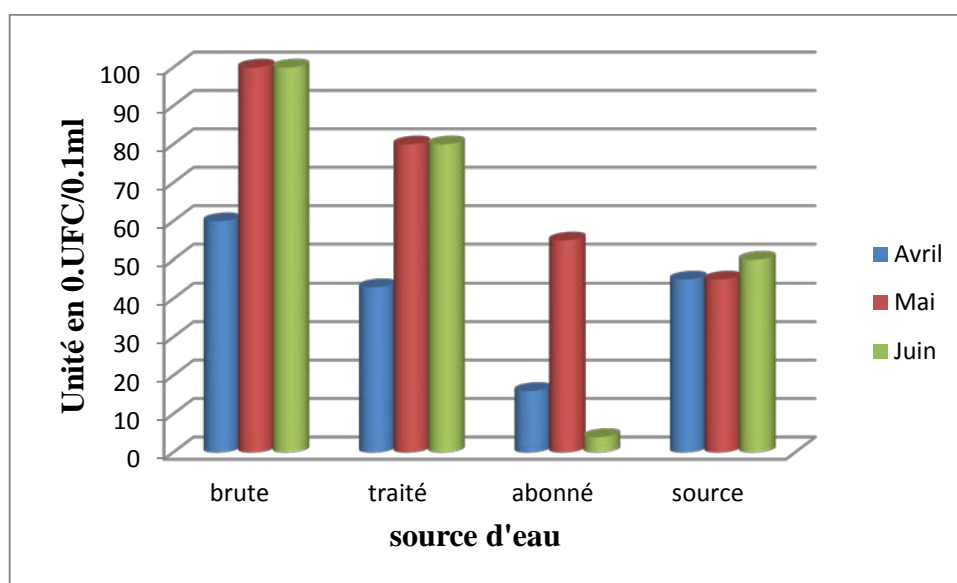


Figure III.14: Germes totaux en fonction des trois mois (Avril, Mai et Juin)

III.2.3. Dénombrement des Coliformes totaux et *E. coli*

Parmi les indicateurs de contamination fécale, les coliformes totaux et spécialement l'*E. coli* sont d'une grande importance dans la mise en évidence des contaminations fécale, responsable de plusieurs maladies à transmissions hydrique. Dans notre cas, les résultats présentés dans la figure III.15 montre la présence d'un nombre élevé de coliformes totaux dans les eaux de barrage non traitées, ce nombre est totalement négligeable dans les eaux traités. Le même cas de figure est démontré dans le cas de la recherche des *E. coli* (figure II.16). Ces résultats montrent d'une part que les eaux brutes peuvent être éventuellement des sources de contaminations surtout d'origine animale et d'autre part l'absence de ces germes dans le cas des eaux traitées atteste de l'efficacité des traitements utilisés

Dans le cas des eaux de sources est absence générale des coliformes totaux et *E. coli* a été enregistrée sauf au mois de juin où on a détecté un apport massif de coliformes totaux qui pourrait dû à une contamination par des animaux.

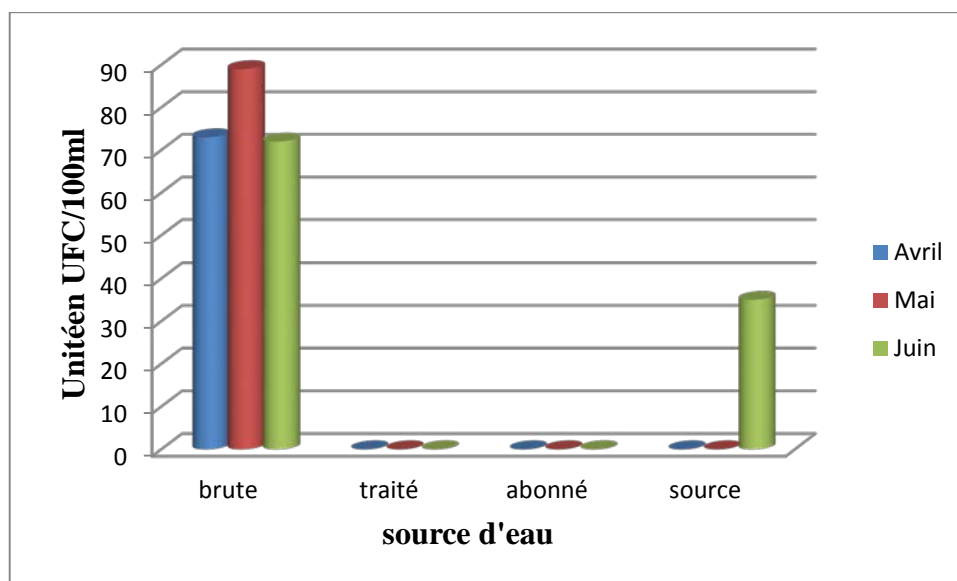


Figure III.15: Evolution des Coliformes totaux dans les eaux de barrages et de source

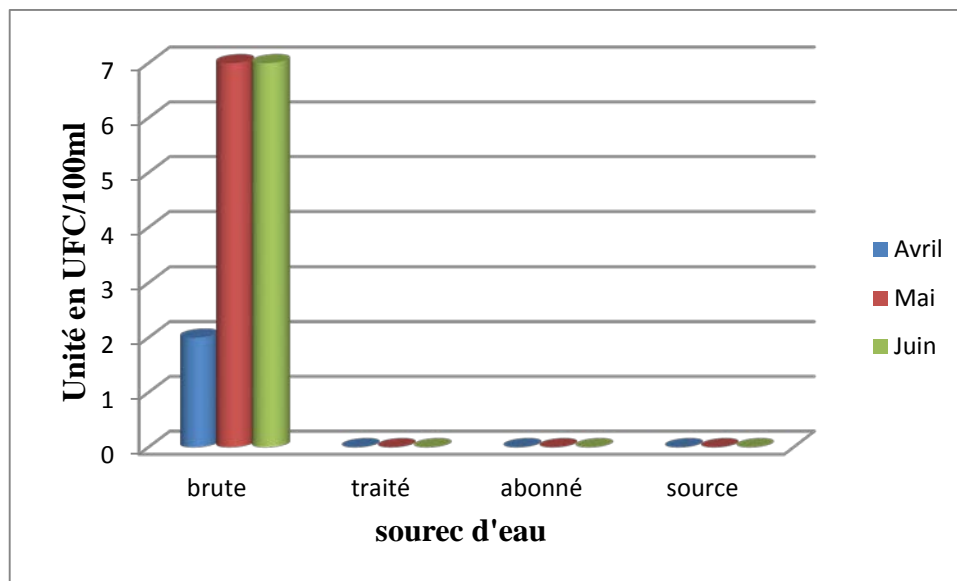


Figure III.16: *E. Coli* dans les eaux de barrages et de source

III.2.4. Dénombrement de Streptocoques fécaux

Le dénombrement et la recherche des streptocoques fécaux dans les différentes catégories d'eau a permis de montrer une absence totale de ces germes dans le cas des eaux traitées par contre ils étaient relativement présents dans les autres catégories (figure III.17). Ces résultats sont en conformité avec la réglementation algérienne et peut être expliqué par le fait que les eaux de distribution subissent des traitements chimiques qui conduisent automatiquement à la réduction de ces germes dans l'eau.

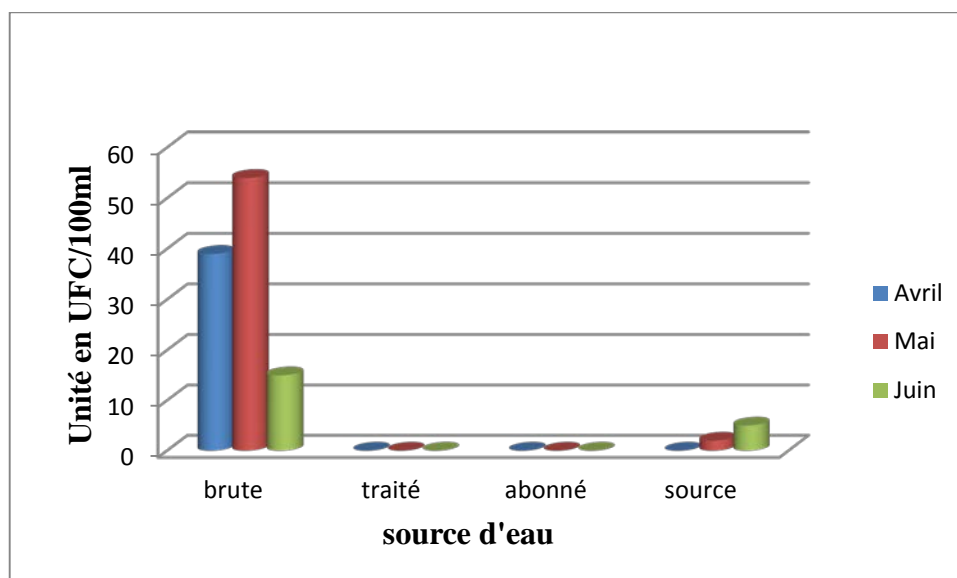


Figure III.17: Dénombrement des Streptocoques fécaux

III.2.5. Dénombrement des clostridium sulfito-réducteurs

Les résultats de la recherche des clostridium sulfito-réducteurs montrent que les eaux traitées du barrage et l'eau de source sont dépourvus de toute présence des Clostridium sulfito-réducteurs (figure III.18).

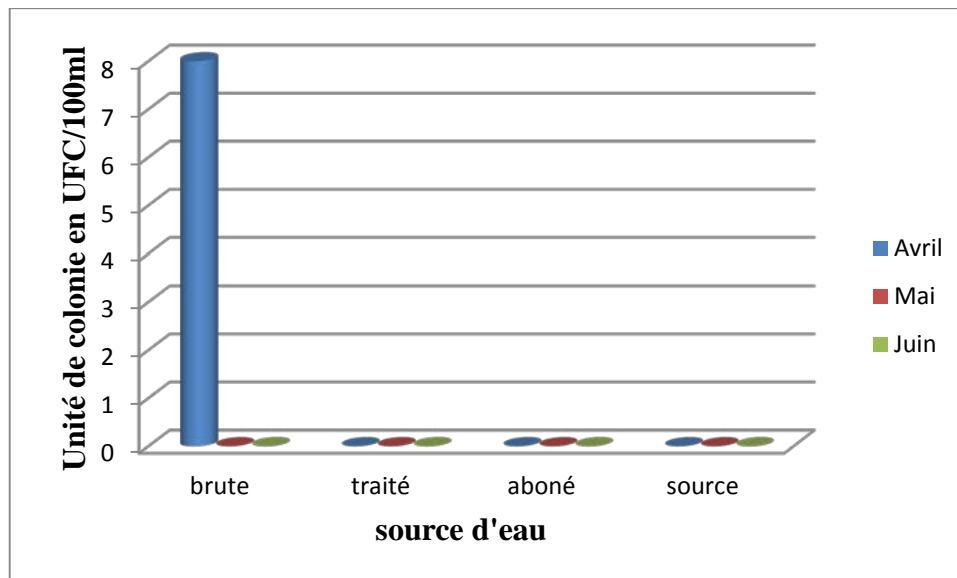


Figure III.18: Clostridium sulfito-réducteurs dans les eaux de barrages et de source

Conclusion Générale

L'eau est nécessaire pour la vie, sa préservation et sa protection vis à vis des agents contaminants devient une nécessité capitale. De ce fait la potabilité des eaux de surface ou des nappes phréatiques ou de rivières constitue pour l'homme un des enjeux majeurs.

Ainsi, le présent travail avait pour objectif d'effectuer des analyses physico-chimiques et microbiologiques des eaux destinées à la consommation humaine à partir d'une eau de source et l'eau de barrage de Oued kramis dans la localité de Achaacha dans Wilaya de Mostaganem.

Les résultats de la recherche de différents paramètres physico-chimiques (pH, conductivité, turbidité, température, titre alcalimétrique complet, titre alcalimétrique, chlorures, Nitrite, Nitrate, Calcium, Magnésium, Matière organique) a mis en évidence la présence de ces éléments dans la majorité des cas. Le niveau de l'ensemble des résultats restent conformes aux normes pour l'eau de source et l'eau de barrage sauf le cas des nitrate probablement dû à la forte activité agricole au niveau des terres au dessus de la nappe souterraines.

En outre, les résultats de microbiologiques des eaux de source et l'eau de barrage ont présenté des aspects microbiologiques conformes aux normes des services de contrôles algériennes de même que ces résultats confirment l'efficacité des différents modes de traitements réalisés sur les eaux de barrage avant leur arrivée au niveau du consommateur

Aux termes de notre travail, nous pouvons conclure que la contamination des eaux de source et des eaux livrées au consommateur à partir du barrage d'oued Kramis est relativement conforme aux exigences des normes algériennes et celles de l'OMS. En effet les eaux analysées ont des propriétés physico-chimiques qui font d'elles des eaux qui peuvent recommandées pour la consommation humaine. De plus la contamination microbiologique était très faible et presque inexistante dans les eaux de source étudiées pendant toute la durée de notre travail. Les résultats démontrent aussi l'efficacité des traitements de la pollution des eaux de barrage destinées à la consommation humaine.

Sommaire

La liste des Figures

La liste des tableaux

Résumé

Introduction

Générale

Chapitre I

Chapitre II

Chapitre III

Conclusion

Générale

Référence
Bibliographiques

Annexes

Références Bibliographiques

A

- **Andriamiradis L, 2005.** Mémento technique de l'eau. 2ème édition: Dégremont. P: 8

B

- **Balderacchi, 2009.** « l'eau dans l'organisme », Centre national de la recherche scientifique (CNRS).
- **Benallou A, 2004.** Analyse physico-chimique des effluents provenant de la laiterie de Arib. Mémoire fin d'étude master. Centre université de Khemis Miliana.
- **Boeglin J.C., 1999.** Propriétés des eaux naturelles. Techniques de l'ingénieur, traité environnement.
- **Bonnin J, 1982.** Aide mémoire d'hydraulique urbaine. Edition. Eyrolles. P : 23-24-27-32-33.

C

- **Codex Stan et Coin, 1981.** La pratique de l'eau : usages domestiques .Collectif et industriel .Édition : Moniteur. Paris. P : 3-29-326-327.
- **Coulibaly Kassim, 2005.** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de BAMAKO. Thèse doctorat. Faculté de Médecine de Pharmacie et D'Odonto- Stomatologie. P : 69.

D

- **D.E.R de Géologie, 2002.** Etude chimique et pollution de la nappe phréatique des environs du Banconi.
- **Dajoz R, 1982.** Précis d'écologie, 4^{ème} édition – Gautier – Villars paris. **P : 317 -319.**
- **Dégréement, 2005.** « Mémento technique de l'eau », Lavoisier-Lexique technique de l'eau. Tome 1, Paris.
- **Dégremont G ,2005.** Mémentos technique de l'eau. Tome1, 10^{ème} éd. : Tec et doc. P: 3-38.
- **Dégremont G, 1990.** Mémento technique de l'eau. Tome 1,2eme édition: Copyright dégremont. P: 129.
- **Dupont A, 1974.** Hydraulique urbaine. « Hydrologie, captage et traitement des eaux ».Tome 1.3eme édition: Eyrolles. Paris .P: 26-28-34-64
- **Durend R, 2001.** l'eau et la vie. Opera. Nantes.P :76-86.

G

- **Gaujour D, 1993.** La pollution des milieux aquatiques, aide mémoire 2éme édition.

- **Genoutdet, 2001.** L'eau de robinet : de la source au verre. Extrait de dossier de bulletin de l'association médicale Kouzmine internationale.
- **Gomella G et Guerree H, 1980.** Guide de l'alimentation en eau dans les agglomérations urbaines et rurales. Tome 1:La distribution.3eme édition Eyrolles. P:21-22.
- **Gomella G, Guerree H et Neveux marc, 1974.** La distribution de l'eau dans les agglomérations urbaines et rurales. Edition Eyrolles.

I

- **ISO 6058, 1984.** Qualité de l'eau dosage de calcium-Méthode titrimétrique à l'EDTA.

J

- **Jean Luc Celleric, 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.
- **Joel G, 2003.** La qualité de l'eau potable, technique et responsabilités, Paris, Novembre.

K

- **Kettab A, 1992.** « Traitement des eaux : Les eaux potables »,Edition : Office des Publications Universitaires. Alger
- **Khelill R, Lazali D, 2015.** Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage Harraza (Wilaya de Ain Defla).Mémoire magister.

L

- **l'ISO 9308-1 : 2000 / correctif 1 : 2007.** Recherche et dénombrement les Escherichia coli et des bactéries coliformes.
- **La Norme NA766 en ISO 7899-2 : Aout 2000.** « recherche et dénombrement des entérocoques intestinaux. Partie 2 méthode par filtration sur membrane.
- **Lanteigne J., 2003.** Encyclopédie de l'agora.
- **Lefèvre J G, 1991.** Les analyses d'eau avec les tests prêts à l'emploi: la potabilité de l'eau, les eaux piscicoles, l'eau des piscines, laboratoire Merck-Clevenot.
- **Lepimpec P , Linenard A, Bonnard R , Lafont M , Cazin B , Bossard PH ., Hubert B , Bray M .,2002.**Guide pratique de l'agent préleveur : chargé de la police.

M

- **Mahamat B et Beskri A, 2010.** Caractéristique physico-chimique des eaux souterraines dans la plaine de Khemis Miliana, Mémoire fin d'étude master. Centre université de Khemis Miliana.
- **Maïga Fatoumata Sokona, 2002.**Manuel du cour d'hygiène du milieu, F.M.P.O.S.

- **Makhoukh M, 2011.** Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya. Maroc. 8^{ème} édition, P : 127, 754, 755, 759.
- **Menad K et Metadjer, 2012.** Traitement des eaux saumâtre par l'osmose inverse cas de l'eau de Khemis Miliana .Université Khemis Miliana.
- **Mens et Derouane, 2000.** État des nappes de l'eau souterraine de Wallonie.
- **Merabet Soumia, 2011.** Etude comparative de deux systèmes aquatiques dans le Sahara septentrional (chott Merouane et Ain el BEIDA), environnement et signes de dégradation. Mémoire magister. Université KASDI MERBAH. OUARGLA. P : 171.
- **Mustapha B, 2000.** l'eau de la pénurie aux maladies éditions IBN-KHALDOUN.

N

- **NA 763, ISO 6222 :1999.** « Dénombrement des micro-organismes revivifiables comptage des colonies par inoculation dans ou sur un milieu de culture nutritif gélosé ».
- **Neil A. Campbell et Jane B. Reece, 2004.** Adaptation française : Richard Mathieu « Biologie » 2^{ème} édition.
- **Nordmann Fet Pinard L-G, 2000.** chimie de l'eau et corrosion des REP. Dossier N°BN3750.corrosion vieillissement. Matériaux. Technique de l'ingénieur.

O

- **O.M.S, 1997.** « exigences de qualité : les eaux destinées à la consommation ».
- **O.M.S, 1998.** Directives de qualité de l'eau, 2^{ème} édition, Genève. P : 76.
- **OMS et WEDC, 2013.** Fiches techniques eau, hygiène, et assainissement en situation d'urgence, Mesurer les niveaux de chlore dans le système d'approvisionnement en eau. Editeur : Bob Reed.

P

- **Pomerol C et Renard M, 1997.** « Élément de géologie », 11eme édition : Masson.

R

- **Rapport sur la surveillance de la qualité de l'eau potable en Algérie, 2008.** Institut National de Sante Publique.
- **Rejsek F, 2002.** Analyse des eaux. aspect réglementaire et technique. Edition. Scérén .France. P : 45-54.
- **Rodier J et BERNAD L, 2009.** (L'analyse d'eaux). 9^{ème} édition. Paris.
- **Rodier J, 1996.** L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 6eme édition: Dunod, Paris.
- **Rodier J, 2004.** « Analyses de l'eau », Dunod 8^{ème} édition, paris, France.

- **Rodier J, 2005.** L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 8eme édition: Dunod, Paris.
- **Rodier J, 2009.** L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 9eme édition: Dunod, Paris
- **Rodier J, Legube, B Merlet , N., et coll , 2009.** Analyse de l'eau, séries l'environnement et sécurité. Paris, France: Dunod.

S

- **Sahraoui N, 2015.** Etude de la coherence entre la vulnérabilité à la pollution de la qualité des eaux souterraines plaine Khemis Miliana. Mémoire de Master en Eau et Bioclimatique. Université Khemis Miliana.
- **Sari Hassiba, 2014.** Contribution a l'étude de la qualité chimique et bactériologique de l'eau de la source « ATTAR» (TLEMCEN). Mémoire magister. Université ABOUBEKR BELKAID TLEMC. P : 92.
- **Société Degremont, 1989.** Mémento technique de l'eau. 2 volumes. 1^{ère} édition Technique et Documentation Lvoisier. Paris, France. P : 18.

V

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

W

- **WHO (World Health Organization), 1994.** Directive de qualité de l'eau de boisson. Critères d'hygiène. 2eme édition. Vol 2. Genève.

Annexe

Annexes 01

Ph

Mode opératoire

La mesure de potentiel hydrogène se fait par un pH-mètre selon les étapes suivantes :

- Allumer et Calibrer le pH-mètre avec les solutions tampons (pH=4, pH=7 et de pH=10), vérifier la calibration du pH-mètre avec le standard $\text{pH}=7 \pm 0.5\%$.
- Rincer l'électrode en verre avec l'eau à analyser et la tremper dans un bêcher de 100ml rempli d'eau à analyser.
- Laisser stabiliser un moment avec une faible vitesse d'agitation et éviter les bulles d'air pour ne pas fausser le résultat.
- Puis noter la valeur de pH ainsi que celle de la température.
- Pour la maintenance de l'électrode rincer le après chaque mesure avec de l'eau ultra pure de $0.05 \mu\text{S}/\text{cm}$ et chlorure de potassium.

Annexes 02

Conductivité

Mode opératoire

Cette mesure se fait à l'aide d'un conductimètre de la manière suivante :

- Allumer l'appareil
- Calibrer le conductimètre avec du chlorure de potassium (KCL) (solution standard $180.0 \pm 2\% \mu\text{S}/\text{cm}$).
- Rincer l'électrode avec l'eau à analyser et la tremper dans un bêcher de 100ml rempli avec de l'eau à analyser.
- Noter la valeur de la conductivité en micro siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$).
- Pour la maintenance de l'appareil rincer l'électrode après chaque mesure avec de l'eau ultra pure de $0.05\mu\text{S}/\text{cm}$ et avec de l'acide chlorhydrique HCl à une concentration de 1%.

Annexes 03

La dureté totale(ou titre hydrotimétrique)

Principe

Titration par complexométrie des ions calcium et magnésium avec une solution aqueuse de sel disodique d'acide éthylène diamine tétra étiqne EDTA 0,02N $\ll C_{10}H_{12}N_2O_8Mg \gg$ a pH de 10 l'indicateur utilise est le noir ériochrome T, qui donne une couleur rose en présence des ions calcium et magnésium lors du titrage avec EDTA la solution vire au bleu.

Annexes 04

Titre calcique (Tca⁺²)

Principe

Titration des ions calcium une solution aqueuse de l'EDTA à un pH compris entre 12 et 13 l'indicateur utiliser est le murexide, qui forme un complexe rose avec le calcium, lors de titrage, l'EDTA réagit avec les ions calcium, l'indicateur vire alors de la couleur rose à la couleur violet.

Annexes 05

Détermination de titre alcalimétrique (TA, TAC)

Principe

Le titre alcalimétrique TA et le titre alcalimétrique complète TAC permettant e connaitre la concentration une carbonates, bicarbonates et hydroxyde (base forte).

L'alcalinité mesurée par la neutralisée d'un certain volume dans par une solution diluée d'acide forte, acide sulfirique (H_2SO_4 à 0,02N). En présence d'indicateur coloré :

- la phénophtaléine pour le TA virant du rose à incolore c'est le pH est supérieur à 8,30.
- Le dosage s'effectuée par une solution d'un acide H_2SO_4 , on va donc mesurer les ions des hydroxydes et de carbonates. Mais lorsque le pH < 8,30 TA une nul.

- Le méthyle orange pour le TAC virant du jaune ou jaune orange à un pH de 4,3 dès qu'il apparaît un excès d'acide forte dans le milieu, et en mesurer en suite des ions hydroxydes, de carbonate et de bicarbonate. (NT T90-036)

Annexes 06

Dosage des chlorures (Cl⁻)

Principe

Le dosage des chlorure dissous dans l'eau est effectuée par méthode titrimétrique la «méthode de Mohr», la réaction des ions chlorure avec des ions argents pour forme du chlorure d'argent insoluble qui est précipité quantitativement addition d'un petit excès d'ions argent et formation du chromate d'argent brun –rouge avec des ions chromate qui en été ajoutés comme indicateur cette réaction est utilisé pour l'indicateur de virage. Durant le titrage le pH est maintenu entre 5 et 9,5 afin de permettre la précipitation.

Annexes 07

Dosage des nitrates NO₃⁻

Principe :

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent paranitrosnylate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique. (Rodier., 1978)

Les réactifs utilisés

- Solution de salicylate de sodium à.....0,5 % (renouveler toute les 24 heures)
- Acide sulfurique H₂SO₄ concentré.

Réactif (I) :

- Hydroxide de sodium 30%

Réactif (II) :

- Salicylate de sodium.....0,5%
- Eau distillé

NB : a préparé chaque 24 h.

Réactif(III) :

- Acide sulfurique

Réactif(IV) :

- -Hydroxide de sodium NaOH Tartrate double de sodium et de potassium
- Eau distillé

Annexes 08**Nitrite****Principe :**

Réaction des ions nitrites présents dans une prise d'essai, à pH 1,9 avec le réactif amino-4 benzène sulfonation en présence d'aide ortho phosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le dichlor – hydrate de N(naphtyl-1) diamino - 1,2éthane (ajouter avec le réactif amino-4benzène sulfonamide) mesurage de l'absorbance à 540nm.

Les nitrites réagissent avec le Sulfanilamide pour former un composé diazoïque qui, après copulation avec le N1 Naphtol éthylène diamine dichloride donne naissance à une coloration rose mesurée à 543nm.

NB : cette solution est stable pendant un mois si elle est conservée entre 2 et 5 C°

Object

L'objet de cette présente méthode décrit le dosage des nitrites dans les eaux par spectrométrie d'absorption moléculaire.

Réactif utilisé :**Réactif I :**

- Amino-4 benzène sulfonamide
- Acide ortho phosphorique
- Di chlorhydrate de N-(naphtyl-1) diamino -1,2 éthane
- E.D

Annexes 09

Oxydabilité au permanganate de potassium (matière organique) :

Principe

L'indice de permanganate d'eau est la concentration en masse d'oxygène équivalente à la quantité d'ions permanganates consommée quand un échantillon d'eau est traité par le permanganate dans les conditions définies.

Objet

La méthode décrit la détermination de l'indice de KMnO_4 , ou « oxydabilité » permettant d'évaluer la contamination en matières organique et matière inorganique oxydables dans des eaux peu ou moyennement polluées

Les réactifs utilisés sont :

Réactif I :

- Acide sulfurique.....0,05mmol/l

Réactif II :

- Permanganate de potassium..... 5mmol/l

NB : la solution est stable deux mois à 4C° dans un flacon verre brun

Réactif III :

- Acide oxalate.....2mmol/l

NB : cette solution est stable pendant deux semaines si elle est stockée à l'obscurité flacon brun 4C° .

Annexes 10

Les ingrédients des milieux de culture

Milieu de Viande Foie (VF) :

- Base viande foie30g
- Glucose2g
- Agar.....6g
- PH7,4g

- Eau distillée 1000 ml

Gélose (Bile Esculine Azide) :

- Peptone17g
- Peptone pepsique de viande.....3g
- Extrait de levure.....5g
- Esculine.....1g
- Citrate de sodium..... 0,5g
- Citrate de fer ammoniacal.....0,5g
- Bile de bœuf déshydratée.....10,5g
- Azide de sodium.....0,25g
- Chlorure de sodium.....5g
- Agar.....13g
- Eau distillée 1000 ml

Gélose de Slanetz :

- Peptone10g
- Azide de sodium.....20g
- Glucose.....2g
- Chlorure de 2-3-5 tripényltétrazolium(TTC).....0,1g
- Agae-agar.....10g
- pH7,2
- Eau distillée 1000 ml

Milieu Tergitol :

- Extrait de viande5g
- Extrait de levure.....6g
- Lactose.....20g
- Tergitol 7.....0,01g
- TTC.....0,025g
- Bleu de bromothymol.....0,05g
- Agar.....13g
- Peptone.....10g

- PH7,2
- Eau distillée 1000 ml

Milieu VRBL :

- Peptone.....7g
- Extrait de levure3g
- Lactose.....10g
- Chlorure de sodium.....5g
- Mélange sel biliaire.....1,5g
- Cristal violet.....0,002g
- Rouge neutre.....0,03g
- Agar-agar.....15g
- Eau distillé.....1000ml
- PH7,4
- Eau distillée 1000 ml