

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE 08 MAI 45 GUELMA

Faculté des mathématiques et de l'informatique et des sciences de la matière
Département des sciences de la matière

Mémoire de fin d'études

Master II



Spécialité : Chimie Physique

Présenté Par : MERZOUG Nada

BENRAZEK Selma

Analyse de l'eau de la source Toumia de Sebaa-Ayoune

Sous la Direction de :

Dr. STITI Maamar

Septembre 2020

وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ

(قرآن کریم)



Remerciements

Remerciements

Ce travail a été effectué au sein du laboratoire de chimie appliquée (LCA) et de chimie physique, à l'université 8 mai 1945 de Guelma, Faculté des Mathématique, informatique et science de la matière.

*Avant tout nous remercions **Dieu tout puissant** de nous avoir donné santé et sérénité afin de réaliser ce modeste travail.*

*Nos remerciements les plus chaleureux et les plus profonds s'adressent à notre encadreur : Monsieur le **Dr. STITI Maamar** qui nous a guidées par ses précieux conseils, ses encouragements et ses orientations, ainsi que pour l'intérêt scientifique qu'il a porté à ce travail, pour l'aide et le temps qu'il n'a jamais manqué de nous apporter tout au long de l'élaboration de ce travail.*

*Nous exprimons notre gratitude à madame **Dr. BOUZIT Habiba** pour le soutien et l'aide qu'elle nous a apporté durant notre stage au labo LCA.*

*Nos remerciements les plus vifs s'adressent également aux membres **de jury** pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail en acceptant son évaluation.*

*En particulier, J'adresse mes remerciements au **Pr. SERIDI Achour** pour l'honneur qu'il nous a fait d'avoir accepté de présider le jury de cette soutenance.*

*Je remercie également **Dr. LARGATE Leila** d'avoir acceptée de juger et critiquer ce mémoire.*

Nous tenons aussi à exprimer nos sincères remerciements au chef de département et à tous les enseignants du département des sciences de la matière.

Enfin, nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire...

Dédicace



Je dédie ce modeste travail qui est le fruit de plusieurs années d'études à mes chers parents ;

*À ma mère **Samia** qui m'a encouragé durant toutes mes études, et qui sans elle, ma réussite n'aura pas eu lieu. Qu'elle trouve ici mon amour et mon affection ;*

*À mon père **Boudjemââ** qui est toujours disponible pour nous et prêt à nous aider, je lui confirme mon attachement et mon profond respect.*

*À mes points de force qui m'ont toujours accompagné et encouragé, mes sœurs **Darine, Sadjida et Mawada**.*

À mes grands-parents, cousines, voisines et toute ma famille qui m'ont donné beaucoup d'espoir, courage, et qui sont restés toujours serviables surtout aux moments difficiles tout au long de mon cursus universitaire.

*À vous également mon amie et mon binôme **SELMA**. Merci pour la confiance que vous m'avez accordée et pour votre accord de réaliser ce mémoire ensemble.*

Sans oublier tous les enseignants et collègues de Master II, sciences de la matière promotion 2020.

À tous ceux qui, par un mot, m'ont donné la force de continuer.

NADA

Dédicace



Je dédie ce mémoire à :

*A notre cher encadreur : le docteur **STITI Maamar**, un remerciement particulier et sincère pour tous vos efforts fournis. Que ce travail soit un témoignage de ma gratitude et mon profond respect.*

*Au Docteur **NIGRI Soria**, notre aimable enseignante.*

À mon mari et à mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien tout au long de mes études.

*À mes chères sœurs, **Ghalia, Nerdjis, Chahinez**, et A mes chers frères, **Khaled, Seif El Dine**, pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral.*

*À vous également mon amie et mon binôme **NADA**. Merci pour la confiance que vous m'avez accordée et pour votre accord de réaliser ce mémoire ensemble.*

À toute ma famille pour leur soutien tout au long de

Mon parcours universitaire. Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infallible,

Merci d'être toujours là pour moi.

SELMA

Liste des figures
Liste des tableaux
Liste d'abréviations

Liste des figures

Liste des figures

| | |
|---|----|
| Figure I.I.1 : schéma d'une molécule d'eau..... | 4 |
| Figure I.I.2 : Variation de la masse volumique en fonction de la température..... | 5 |
| Figure I.I.3 : hydratation de NaCl..... | 8 |
| Figure I.I.4 : arrangement tridimensionnel des molécules d'eau..... | 9 |
| Figure I.I.5 : Structures chimiques des différents états de l'eau..... | 11 |
| Figure I.I.6 : les différents changements d'état possible d'eau..... | 11 |
| Figure I.I.7 : cycle d'eau sur la terre..... | 12 |
| Figure I.I.8 : répartition de l'eau à la surface de la terre..... | 13 |
| Figure I.I.9 : schéma d'une nappe phréatique et d'une nappe alluviale..... | 15 |
| Figure I.I.10 : schéma d'une nappe captive..... | 15 |
| Figure I.I.11 : schéma d'une Nappe active..... | 16 |
| Figure I.I.12 : schéma des différents types de sources..... | 22 |
| Figure I.II.1 : Coliformes totaux..... | 32 |
| Figure I.II.2 : Coliformes fécaux..... | 33 |
| Figure I.II.3 : Streptocoques fécaux..... | 33 |
| Figure I. II.4 : Spores anaérobies sulfito-réducteurs..... | 34 |
| Figure I.II.5 : Chaîne de traitement..... | 35 |
| Figure I. II.6 : Coagulation-Floculation..... | 38 |
| Figure I.III.1 : les trois grandes sources de pollution..... | 47 |
| Figure II.I.1 : Carte de situation géographique de la wilaya..... | 60 |
| Figure II.I.2 : Carte de situation géographique de la commune..... | 61 |
| Figure II.I.3 : Dessin à main levé de la commune d'Ain Sandal et la position de la source Toumia | 62 |

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure II.I.4 : Photo prise par satellite (Google Earth2020) du village Sebaa Ayoune abritant la source Toumia..... | 62 |
| Figure II.I.5 :Village de Sebaa Ayoune en printemps. | 63 |
| Figure II.I.6 : Village de Sebaa Ayoune en été (à gauche) et en période d'hivers (à droite)..... | 63 |
| Figure II.I.7 : Photos personnelles de la source Toumia..... | 64 |
| Figure II.II.1 : photos réelles d'échantillons prélevés | 67 |
| Figure II.II.2 : photos réelles des tests d'identification..... | 70 |
| Figure II .II.3 : Détermination du résidu sec..... | 71 |
| Figure II .II.4 : Turbidimètre..... | 73 |
| Figure II.II.5 : Mesure de pH..... | 75 |
| Figure II.II.6 : Le conductimètre utilisé dans notre analyse | 76 |
| Figure II.II.7 : dosage de la dureté..... | 80 |
| Figure II.II.8 : dosage de calcium..... | 82 |
| Figure II. II.9 : détermination de TA..... | 84 |
| Figure II. II.10 : détermination de TAC..... | 86 |
| Figure II. II.11 : dosage des chlorures..... | 87 |
| Figure II. II.12 : représentations schématiques de spectrophotomètres de type double faisceau..... | 90 |
| Figure II. II.13 : photos de spectrophotomètre UV-Vis utilisé..... | 91 |
| Figure II.II.14 : Préparation des solutions étalons (Si) | 92 |
| Figure II.II.15 : Tracé des courbes $A=f(\lambda)$ qui donne (λ_{\max}) d'absorption..... | 92 |
| Figure II.II.16 : Courbe d'étalonnage pour le dosage de l'élément fer(Fe^{2+})..... | 93 |

Liste des tableaux

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau I.I.1 : principales différences entre eaux de surface et eaux souterraines..... | 18 |
| Tableau I.II.1 : Les paramètres physicochimiques d'une eau potable selon l'OMS et le journal officiel Algérien..... | 25 |
| Tableau I.II.2 : Classification des eaux d'après leur PH..... | 26 |
| Tableau I.II.3 : classification des eaux en fonction de leurs duretés..... | 27 |
| Tableau I.II.4 : Relation entre la conductivité et la minéralisation des eaux naturelles..... | 28 |
| Tableau II.II.1 : Période de prélèvement..... | 67 |
| Tableau II.II.2 : Tests d'identification des ions présents dans l'eau analysée..... | 69 |
| Tableau II.II.3 : Résultats servant au traçage de la courbe d'étalonnage..... | 92 |
| Tableau II.II.4 : Résultats de l'analyse de l'eau étudiée | 94 |

Liste d'abréviations

Liste d'abréviations

°C : Degré Celsius.

CO₂ : Le dioxyde de carbone.

CaCO₃ : Carbonate de calcium.

COT : Cyclooctatétraène.

E-coli : Escherichia coli.

EDTA : L'acide éthylène diamine tétra-acétique.

F : degrés français.

H₃O⁺: L'ion hydronium.

KCl: Chlorure de potassium.

Km: Le kilomètre.

KMnO₄ : Le permanganate de potassium.

L: litre.

Log: logarithme décimal.

M: molarité.

mg/l: milligramme par litre.

mol/l: mole par litre.

Mn: Le manganèse.

MES: Matières en suspension.

MTH : Maladies à transmission hydrique.

Liste d'abréviations

N/m: Le newton par mètre.

NH₃: l'ammoniac (gazeux).

NaCl: Chlorure de sodium.

Ni :Nickel.

N.E.T : Le Noir Ériochrome T.

N: normalité.

OH⁻: L'hydroxyde.

O₂⁻: l'ion oxyde.

OMS : L'Organisation mondiale de la santé.

S/cm: Siemens par centimètre.

SO₂ : Le dioxyde de soufre.

SOES : Service de l'Observation et des Statistiques.

TH : Titre hydrométrique.

TA: Titre alcalimétrique.

TAC: Titre alcalimétrique complet.

µs/cm: Micro-siemens par centimètre.

Sommaire

Sommaire

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

| | |
|--|----|
| I.I.1. Définition de l'eau :..... | 3 |
| I.I.2. Composition, propriétés et structure de l'eau :..... | 3 |
| I.I.2.1. Composition de l'eau :..... | 3 |
| I.I.2.2. Propriétés de l'eau :..... | 4 |
| I.I.3. Différente état et le cycle d'eau :..... | 10 |
| I.I.3.1. Etat de l'eau :..... | 10 |
| I.I.4. Répartition de l'eau sur la terre:..... | 13 |
| I.I.5. Classification des eaux :..... | 14 |
| I.I.5.1. Les eaux naturelles :..... | 14 |
| I.I.5.2. Les eaux usées :..... | 19 |
| I.I.5.3. Les eaux de consommation :..... | 19 |
| I.I.6. L'importance et le besoin en eau :..... | 22 |
| Conclusion :..... | 23 |
| I.II. Introduction..... | 24 |
| I.II.1. L'eau potable :..... | 24 |
| I.II.2. Qualité de l'eau et Norme de potabilité :..... | 24 |
| I.II.2.1. Qu'est-ce qu'une norme :..... | 24 |
| I.II.3. Caractéristiques d'une eau potable :..... | 25 |
| I.II.3.1. Paramètres physico-chimiques :..... | 26 |
| I.II.3.2. Caractères organoleptiques :..... | 29 |
| I.II.3.3. Paramètres indésirables ou toxiques :..... | 30 |
| I.II.4. Qualité d'eau :..... | 31 |
| I.II.5. Principaux germes d'eau :..... | 32 |
| I.II.5.1. Coliformes :..... | 32 |
| I.II.5.2. Streptocoques fécaux :..... | 33 |
| I.II.5.3. Spores anaérobies sulfite-réducteurs :..... | 34 |
| I.II.6. Traitement des eaux :..... | 34 |
| I.II.6.1. Processus de potabilisation des eaux de surface :..... | 34 |
| I.II.6.2. Traitement de l'eau de source :..... | 40 |

| | |
|---|----|
| I.II.6.4. Traitement des eaux souterraines :..... | 41 |
| Conclusion :..... | 41 |
| I.III. Introduction :..... | 42 |
| I.III.1. Définition de la pollution :..... | 42 |
| I.III.2. La pollution de l'eau :..... | 42 |
| I.III.3. Les différentes formes de pollution :..... | 43 |
| I.III.4. Les différents types de pollution des eaux :..... | 43 |
| I.III.4.1. La pollution physique :..... | 43 |
| I.III.4.2. La pollution chimique :..... | 44 |
| I.III.5. Les sources de pollution :..... | 46 |
| I.III.5.1. Les rejets domestiques :..... | 46 |
| I.III.5.2. Les rejets agricoles :..... | 47 |
| I.III.5.3. Les rejets industriels :..... | 47 |
| I.III.6. Impact de la pollution des eaux :..... | 48 |
| I.III.6.1. Impact de la pollution des eaux sur l'environnement :..... | 48 |
| I.III.6.2. Impact de la pollution de l'eau sur la santé humaine:..... | 48 |
| I.III.6.3. Impact de la pollution de l'eau sur l'économie :..... | 49 |
| I.III.7. Les différents types de maladies hydriques :..... | 49 |
| I.III.7.1. Maladies d'origine bactérienne :..... | 50 |
| I.III.7.2. Maladies d'origine virale :..... | 51 |
| I.III.7.3. Maladies d'origine parasitaire :..... | 51 |
| I.III.7.4. Maladies attribuées à l'eau d'origine chimique :..... | 52 |
| Conclusion :..... | 53 |
| Références:..... | 55 |

Partie expérimentale

| | |
|---|----|
| Motivation..... | 54 |
| II.I. Présentation de la région d'étude :..... | 60 |
| II.I.1. Description du site de la wilaya :..... | 60 |
| II.I.2. Commune Ain Sandal :..... | 60 |
| II.I.3. Source de Toumia« SebaaAyoune » :..... | 61 |
| II.II.1. Rappel : Normes de potabilité d'une eau :..... | 65 |
| II.II.2. Analyse de l'eau potable de la source « Toumia » :65 | |

| | |
|--|-----|
| II.II.2.1.Échantillonnage :..... | 65 |
| II.II.2.1.1. Matériel d'échantillonnage :..... | 65 |
| II.II.2.1.2.Mode de prélèvement:..... | 66 |
| II.II.2.1.3.Enregistrement et étiquetage des échantillons:..... | 66 |
| II.II.2.1.4.Transport et conservation de l'échantillon avant l'analyse:..... | 66 |
| II.II.3. Choix des points de prélèvement :..... | 67 |
| II.II.4. Types d'analyses :..... | 67 |
| II.II.4.1. Analyse organoleptique :..... | 67 |
| II.II.4.2. La température :..... | 68 |
| II.II.4.3. Analyse qualitative :Identification des ions présents dans l'eau analysée | 68 |
| II.II.4.4. Détermination du résidu sec :..... | 71 |
| II.II.4.5. Détermination des matières en suspension (MES)..... | 72 |
| II.II.4.6. Turbidité :..... | 73 |
| II.II.4.7. Analyses physico-chimiques :..... | 74 |
| 1) Mesure de PH :..... | 74 |
| 2) Détermination de la conductivité :..... | 75 |
| 3) Détermination de solides(Sels) totaux dissous (TDS) :..... | 76 |
| 4) Mesure de la salinité :..... | 77 |
| 5) Dosage de l'oxygène dissous :..... | 77 |
| 6) Mesure de la dureté ou titre hydrométrique (TH) :..... | 78 |
| 7) Détermination de la dureté calcique (TH Ca^{+}) :..... | 80 |
| 8) Détermination de la dureté magnésienne (TH Mg^{2+}) :..... | 82 |
| 9) Titre Alcalimétrique Simple TA :..... | 83 |
| 10) Le titre alcalimétrique complet (TAC) :..... | 85 |
| 11) Dosages des chlorures :..... | 86 |
| 12) Détermination des bicarbonates :..... | 88 |
| 13) Détermination de fer :..... | 91 |
| Conclusion..... | 95 |
| Conclusion générale :..... | 96 |
| Références :..... | 98 |
| Annexe | 101 |

Résumé

Résumé

Résumé

L'eau douce constitue une denrée de plus en plus rare et précieuse. La gestion qualitative et quantitative permanente de cette eau reste un sujet essentiel et perpétuel, car la vie de l'homme sur terre en est complètement dépendante. Cette eau nous provient de glaciers, de nappes souterraines ou encore de sources.

La région de Guelma est caractérisée par la présence de plusieurs sources naturelles ; C'est ainsi que l'eau de la source dite "Toumia" représente une ressource importante pour l'alimentation en eau potable pour les habitants du village "Sebaa Ayoune" situé à la commune d'Ain Sandel.

Ce travail vise principalement à la détermination des différents paramètres physico-chimiques et bactériologiques de cette source d'eau potable.

Du point de vue physico-chimique, et en première estimation, les résultats obtenus montrent que l'eau analysée est de bonne qualité, car conforme aux normes algériennes, et peut donc être utilisée sans risque pour la santé du consommateur.

Mot clés : Village Sebaa Ayoune, Source Toumia, eau souterraine, eau potable, analyse physico-chimique, Analyse bactériologique.

ملخص:

المياه العذبة سلعة نادرة وقيمة بشكل متزايد. تظل المراقبة المستمرة النوعية والكمية لهذه المياه موضوعًا أساسيًا ودائمًا، لأن حياة الإنسان على الأرض تعتمد عليها اعتمادًا كليًا. تأتي هذه المياه إلينا من الأنهار الجليدية أو طبقات المياه الجوفية أو حتى من الينابيع.

تتميز منطقة قالمة بوجود عدة ينابيع طبيعية؛ حيث يعتبر منبع التوميا " موردا هاما للتزويد بالمياه الصالحة للشرب لسكان قرية" سبع عيون" الواقعة في بلدية "عين صندل".

يهدف هذا العمل بشكل أساسي إلى تحديد العوامل الفيزيوكيميائية و البكتريولوجية المختلفة لهذا المنبع. من وجهة النظر الفيزيائية-الكيميائية، وكتقدير أولي، تظهر النتائج التي تم الحصول عليها أن المياه التي تم تحليلها هي ذات نوعية جيدة، لأنها تتوافق مع المعايير الجزائرية، وبالتالي يمكن استهلاكها دون المخاطرة بصحة المستهلك. **الكلمات- المفتاحية:** قرية سبع عيون، منبع التوميا، مياه جوفية، مياه شرب، تحليل فيزيائي-كيميائي، التحليل البكتريولوجي.

Résumé

ABSTRACT:

Fresh water is an increasingly rare and precious commodity. The ongoing qualitative and quantitative management of this water remains an essential and perpetual subject , because human life on earth is completely dependent on it. This water comes to us from glaciers, underground aquifers or even sources.

Thus, the water from the so-called "Toumia" source represents an important resource for the drinking water supply for the inhabitants of the village "Sebaa Ayoun" located in the commune of Ain Sandel.

This work mainly aims to determine the various physical-chemical and bacteriological parameters of this water.

From a physical-chemical point of view, and as a first estimate, the results obtained show that the water analyzed is of good quality, since it complies with Algerian standards, and can therefore be used without risk to the health of the consumer.

Keywords: Sebaa Ayoun village, Toumia source, underground water, drinking water, physical-chemical analysis, Bacteriological analysis.

Introduction générale

Introduction générale

Introduction générale

L'eau a sur nous un pouvoir magique, c'est une ressource précieuse pour les êtres vivants. Son importance pour la vie ainsi que son rôle important dans l'écosystème mondial ne sont plus à démontrer, mais il pourrait devenir une source de mort si la pollution l'emporte.

Le thème de l'eau est l'un des plus importants en ce début du XXI^{ème} siècle car, au fur et à mesure que la population de la terre augmente, la demande en eau s'accroît. Notamment, on constate de plus en plus un déséquilibre entre les quantités disponibles et la consommation par l'Homme [1]. En Algérie, la croissance démographique, le développement des secteurs industriels et agricoles, a entraîné un accroissement spectaculaire des besoins en eau. Cet accroissement plus important par rapport aux quantités mobilisées, a généré un déficit entre l'offre et la demande en eau, ce qui va créer à long terme, un handicap insurmontable au développement et un impact négatif sur le plan socio-économique [2].

Les eaux douces, qui constituent une source potentielle d'approvisionnement en eau potable, particulièrement les eaux de sources, sont destinées à la consommation humaine lorsqu'elles sont exemptées d'éléments chimiques et biologiques susceptibles à plus ou moins long terme de nuire à la santé des individus.

C'est pour ça, Il faut faire une étude complète et différentes analyses permettant d'évaluer la qualité de ces eaux douces, et permettre de savoir l'impact indésirable sur la santé des consommateurs.

Notre présent travail a mis l'accent sur la détermination de la qualité physico-chimique et bactériologique d'eau de la source « Toumia » de la région de Sebaa Ayoune, commune Ain Sandel (Wilaya de Guelma) afin d'évaluer leur potabilité et leur origine.

Cette étude est structurée en deux parties qui commencent par une introduction générale et se terminent par une conclusion.

La première partie présente une mise au point bibliographie scindée en trois chapitres : le premier chapitre rappellera quelques généralités sur les eaux naturelles,

Introduction générale

Le deuxième chapitre s'intéresse aux paramètres de qualité d'une eau potable et le troisième chapitre sera consacré à la pollution des eaux et son impact sur la qualité de l'eau.

La deuxième partie est axée sur l'expérimentation, et elle est présentée en deux chapitres :

Le premier chapitre expose la région d'étude. Le deuxième chapitre est réservé à la description de l'appareillage et matériels utilisés ainsi que les protocoles théoriques et expérimentaux suivis, et les résultats obtenus avec leurs discussions.

Le mémoire sera clôturé par une conclusion et des perspectives à venir.

Première partie
Etude Bibliographique

Chapitre (I)

Généralités sur les eaux naturelles

Chapitre I : Généralités sur les eaux naturelles

I.I. Introduction :

L'eau est un élément indispensable aux êtres vivants. Sans eau il n'y aurait pas de vie sur terre. Elle est très présente sur notre planète bleue car les océans recouvrent près des trois quarts de la surface terrestre (70%). On peut le trouver sous différentes formes : liquide, solide ou gazeuse.

L'eau potable est une eau qu'elle respecte les valeurs imposées de la norme de potabilité. Le traitement de cette eau est nécessaire pour être utilisée dans différents usages quotidiens (consommation, cuisine, refroidissement, jardinage...).

I.I.1. Définition de l'eau :

Nom féminin : en latin aqua, qui a donné aquatique, et en Grec hydro qui a donné hydrique. L'eau est un corps incolore, inodore, insipide, sous forme liquide à la température ordinaire et un excellent solvant. Selon les anciens, c'est l'un des quatre éléments de base avec le feu, l'air et la terre.

I.I.2. Composition, propriétés et structure de l'eau :

I.I.2.1. Composition de l'eau :

Dans son parcours naturel, l'eau se charge de sels minéraux et de micro-organismes présents dans la nature.

- **Le calcium** : est indispensable dans la constitution de nos os et nos dents.
- **Le magnésium** : combat la fatigue, lutte contre les spasmes digestifs et la constipation.
- **Le sodium** : contrôle l'équilibre en eau de nos tissus et aide à transmettre l'influx nerveux.
- **Le potassium** : agit positivement sur les contractions musculaires.
- **Le bicarbonate** ou hydrogénocarbonate est vital dans le maintien de l'équilibre acido-basique et du pH de nos cellules.
- **Les chlorures** : sont présents dans nos liquides intracellulaires.
- **Le sulfate** : favorise l'élimination des toxines. C'est aussi un élément essentiel des cartilages, cheveux, vaisseaux sanguins et tissus conjonctifs.

Chapitre I : Généralités sur les eaux naturelles

- **Les oligo-éléments** : disent également (éléments-traces) parce qu'ils existent en quantité infinitésimale : Certains sont reconnus comme essentiels pour la santé. On peut citer :
 - **Le fluor** : Pour l'anti - carie par excellence.
 - **Le cuivre** : qui intervient dans le fonctionnement de nombreuses enzymes ainsi que la synthèse des protéines.
 - **Le fer** : constituant de l'hémoglobine.
 - **L'iode** : entre dans la composition d'hormones de la glande thyroïde, et bien d'autres encore [3].

I.I.2.2. Propriétés de l'eau :

L'eau ne représente pas la même chose pour tout le monde. Elle possède des propriétés physiques et chimiques uniques et d'autres propriétés : on peut la faire geler, fondre, évaporer ou chauffer et la mélanger.

I.I.2.2.1. Structure de la molécule d'eau :

Rappelons que la molécule est la plus petite quantité d'un corps pur qui puisse exister à l'état libre. C'est un assemblage d'atomes. La molécule conserve toutes les propriétés physiques et chimiques de ce corps [4].

À première vue, l'eau est une substance chimique très simple, constituée d'un atome d'oxygène O et deux atomes d'hydrogène H, on la note H_2O . Une molécule d'eau peut être représentée sous la forme tétraèdre déformée. Elle comporte deux liaisons covalentes O-H et deux doublets non appariés sur l'atome d'oxygène [5], dont la distance entre l'atome d'oxygène et les atomes d'hydrogène est 96 pm, l'angle entre les atomes d'hydrogène est $104,5^\circ$.

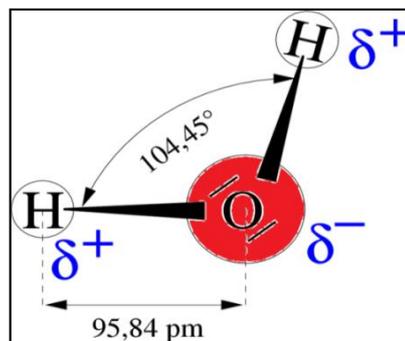


Figure I.I.1 : Structure d'une molécule d'eau.

Chapitre I : Généralités sur les eaux naturelles

La structure de cette molécule dépend de son état physique :

- À l'état gazeux (vapeur), cette structure correspond exactement à la formule H_2O avec le modèle angulaire 105° .
- À l'état solide, quatre molécules d'eau périphériques entourent une molécule d'eau centrale pour former une structure tétraédrique.
- À l'état liquide, les molécules s'associent entre elles par des liaisons faibles, de type « liaison hydrogène », pour former les mêmes structures tétraédriques, mais qui sont plus stables [6].

I.I.2.2. Propriétés physiques :

a) Température d'ébullition :

La température d'ébullition dépend de la pression, l'eau peut être conservée à l'état liquide à des températures supérieures à $100^\circ C$ à condition d'opérer sous vide partiel [7].

b) Masse volumique :

La masse volumique (ρ) de l'eau varie avec la température. Elle augmente de 0 à $4^\circ C$, puis décroît. Le maximum est situé à $3,98^\circ C$ avec $\rho = 0.999973 \text{ g/ml}$ [8].

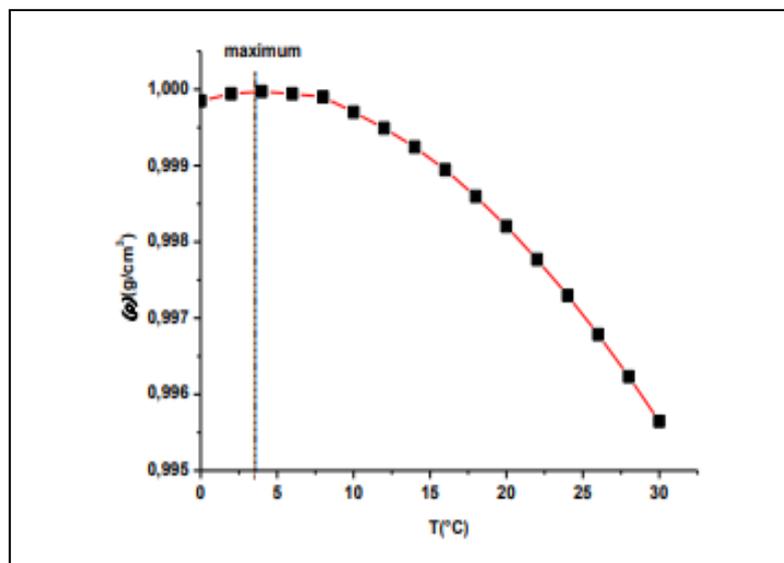


Figure I.I.2: Variation de masse volumique en fonction de la température.

c) Viscosité :

Chapitre I : Généralités sur les eaux naturelles

Elle diminue lorsque la température croît ; en revanche, elle augmente avec la teneur en sels dissous. Contrairement aux autres liquides, une pression modérée, rend l'eau moins visqueuse aux basses températures [9]. Ce phénomène est particulièrement important pour la continuité des grands courants océaniques qui règlent le climat planétaire [10].

d) Tension superficielle :

Elle est définie comme une force de traction qui s'exerce à la surface du liquide en tendant toujours à réduire le plus possible l'étendue de cette surface. La tension superficielle de l'eau est élevée : égale à $72.7 \cdot 10^{-3} \text{N/m}$ à 20°C .

e) La conductivité électrique :

La conductivité électrique d'eau représente sa capacité à conduire le courant électrique. Cette conductivité est très faible car elle ne contient que très peu de particules chargées électriquement (ions), susceptibles de se déplacer dans un champ électrique. L'unité de mesure communément utilisée est le Siemens (S/cm)[11].

f) pression osmotique :

La pression osmotique traduit un phénomène qui s'établit entre des phases liquides de concentration différentes séparées par une membrane semi-perméable.

$$\Pi = \Delta C \times R \times T$$

ΔC = Différence de concentration (mol / m^3)

R = Constante des gaz parfaits : $8,314 \text{J / mol. K}$

T = Température en $^\circ\text{K}$

Π = pression osmotique en J/m^3 [12].

g) Propriétés thermodynamiques :

- **Chaleur massique :** $4,18 \text{ KJ / Kg.C}^\circ$ ($1 \text{Kcal / kg.C}^\circ$) à 0°C . Elle varie avec la température en présentant un minimum à $+ 35^\circ\text{C}$ [12].

Chapitre I : Généralités sur les eaux naturelles

➤ **Les chaleurs latentes de transformation :**

Sont pour la fusion de 330Kj/Kg (ou 79 Kcal /Kg) et pour la vaporisation 2250 kj /kg (539 Kcal/Kg) à la pression normale et à 100°C.

L'importance de la chaleur massique et de la chaleur latente de vaporisation fait que les grandes étendues d'eau à la surface de la terre constituent de véritables volants thermiques. C'est également la raison de l'utilisation de l'eau comme fluide caloporteur[12].

➤ **Capacité calorifique :**

La plus grande capacité calorifique de tous les fluides (75,366 J/Kmol à 20°C) [13].

➤ **Enthalpie d'évaporation :**

La plus grande enthalpie d'évaporation de tous les liquides (2281,9 KJ /mol) [13].

h) Propriétés optiques :

La transparence de l'eau dépend de la longueur d'onde de la lumière qui la traverse. Si l'ultraviolet passe bien, l'infrarouge, si utile au point de vue physique et biologique, pénètre à peine. L'eau absorbe fortement l'orange 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 formes de pollution et, en conséquence, l'efficacité des traitements d'épurations[12].

I.I.2.2.3. Propriétés chimiques :

a) La solvation (l'hydratation) :

L'eau est, par ses propriétés électriques et sa constitution moléculaire, un formidable solvant polaire particulièrement apte à la mise en solution de nombreux corps gazeux, liquides polaires, et surtout solides. La solvation (ou action hydratante de l'eau) est le résultat d'une destruction complète ou partielle des divers liens électrostatiques entre les atomes et les molécules du corps à dissoudre, pour les remplacer par de nouveaux liens avec les molécules d'eau, et forger ainsi des nouvelles structures : il se produit une véritable réaction chimique (une solvation complète est une dissolution)[9].

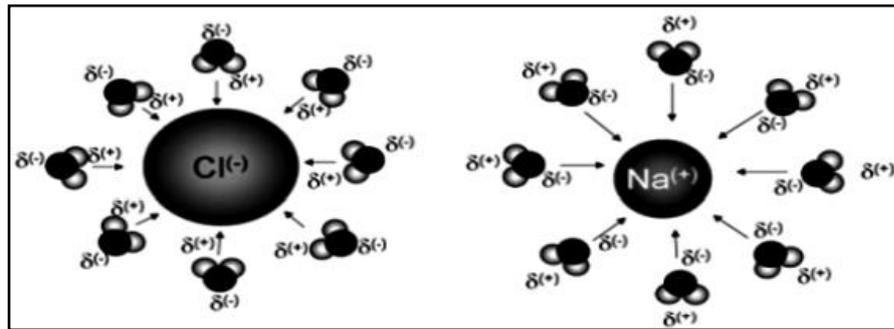


Figure I.I.3 : Hydratation de NaCl \longrightarrow dissolution de NaCl

b) L'auto-ionisation de l'eau :

L'eau liquide pure est très faiblement dissociée en H_3O^+ et OH^- par l'auto ionisation ; par conséquent tous les composés qui augmentent la concentration des ions positifs H_3O^+ sont acides et les composés augmentant la concentration des ions négatifs OH^- sont basiques de ce fait l'eau porte en elle la fameuse notion du pH (grandeur sans unité) par la relation[14]:

$$\text{pH} = - \log [\text{H}_3\text{O}^+] = 7$$

c) Polarité :

L'eau est un liquide très particulier à anomalies physico-chimiques causées principalement par le caractère dipolaire de la molécule d'eau. Dans cette dernière, l'atome d'oxygène est sous forme d'ion O_2^- qui accapare les 2 électrons des atomes d'hydrogène. Il en résulte une polarité négative des atomes d'oxygène et positive des atomes d'hydrogène du fait de leur assemblage particulier. La disposition géométrique de cet assemblage dissocie le centre de gravité des charges positives de celui des charges négatives[15].

La polarité de la molécule permet à la molécule d'eau de réaliser des liaisons hydrogènes intermoléculaires.

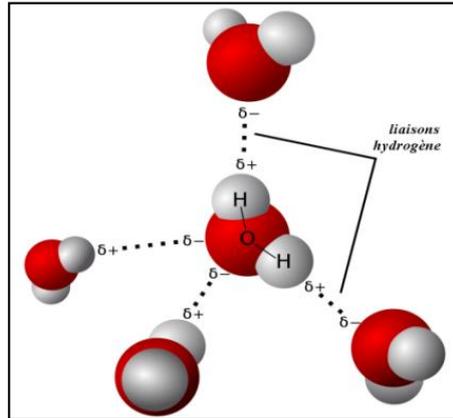
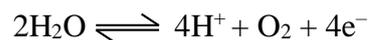


Figure I.I.4 : Arrangement tridimensionnel des molécules d'eau.

d) Oxydoréduction :

Les phénomènes d'oxydoréduction présentent une grande importance dans toutes les technologies de l'eau. L'eau elle-même peut participer, suivant des conditions expérimentales, et selon certaines réactions expérimentales et selon certaines réactions chimiques comme un donneur d'électrons (elle est réductrice) ou un accepteur d'électrons[15].



-Dans le premier cas, l'eau est donneuse d'électrons, (réductrice).

-Dans le deuxième cas l'eau est accepteuse d'électrons, (oxydante) [12].

e) L'hydrophilisation :

Une même Corp. présente des solubilités différentes vis-à-vis de divers solvants. Dans l'eau cette dernière dépend de la nature des groupements caractéristiques, c'est à dire selon qu'il s'agit d'un groupement hydrophile ou hydrophobe[12].

I.I.2.2.5. Propriétés biologiques de l'eau :

L'eau, l'oxygène et le dioxyde de carbone contribuent à créer des conditions favorables au développement des êtres vivants, Il existe un cycle biologique, au cours duquel

Chapitre I : Généralités sur les eaux naturelles

s'effectue une série d'échanges grâce à l'eau. Celle-ci est le constituant principal des êtres vivants et plus particulièrement du protoplasme de toutes les cellules.

Ces propriétés mettent en évidence le rôle de l'eau dans la Vie-Biosphère et dans tous les fonctionnements des organismes vivants. L'eau est le solvant de la vie, car tout ce qui est vivant requière de l'eau et tous les organismes sont des systèmes chimiques en phase aqueuse.

L'eau compose aussi la plus grande partie de nos aliments[16].

I.I.3. Différents états et le cycle d'eau :

I.I.3.1. Etat de l'eau :

L'eau peut se présenter sous trois états physiques : gazeux (c'est la vapeur présente dans l'atmosphère), liquide, ou solide sous forme de glace :

- **L'état de vapeur (état gazeux)** : Il est obtenu à partir de 100 °C à la pression atmosphérique; les molécules sont relativement indépendantes les unes des autres et correspondent au modèle angulaire[16].
- **L'état solide** : il est obtenu en dessous de 0 °C sous la pression atmosphérique ; les molécules sont disposées suivant un tétraèdre avec une molécule d'eau centrale et quatre autres disposées suivant les quatre sommets d'un tétraèdre régulier. Le réseau cristallin qui en résulte est hexagonal. Les molécules sont assemblées par des liaisons hydrogènes, chaque atome d'hydrogène d'une molécule d'eau étant lié à l'atome d'oxygène de la molécule voisine[16].
- **L'état liquide** : au cours de la fusion de la glace, les liaisons hydrogène se rompent, le cristal s'effondre et les molécules se rapprochent les unes des autres, la masse volumique augmente jusqu'à une valeur maximale correspondant à une température de 4 °C sous 1 atmosphère. (Masse volumique de l'eau liquide > masse volumique de la glace) [17].

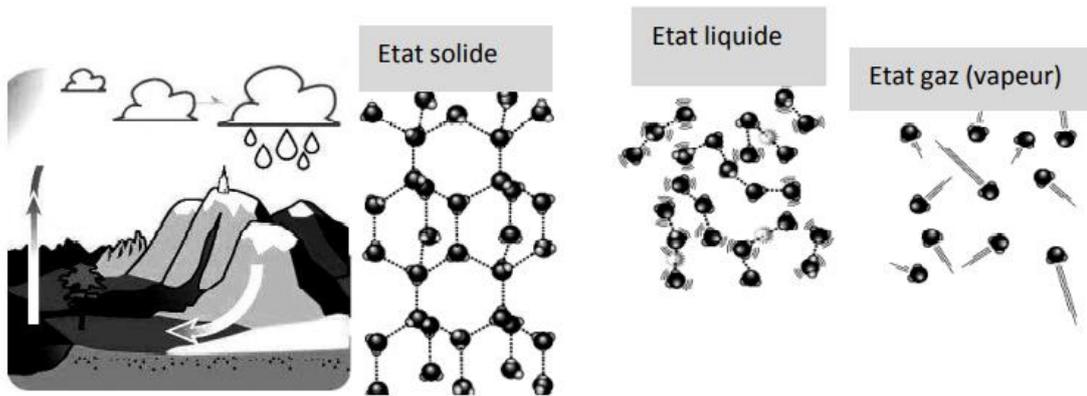


Figure I.I.5 : Structures chimiques des différents états de l'eau

L'eau peut changer d'état selon la température et sous l'action du soleil et du vent, passant de celui de vapeur à l'état solide ou liquide, dépendant des conditions atmosphériques :

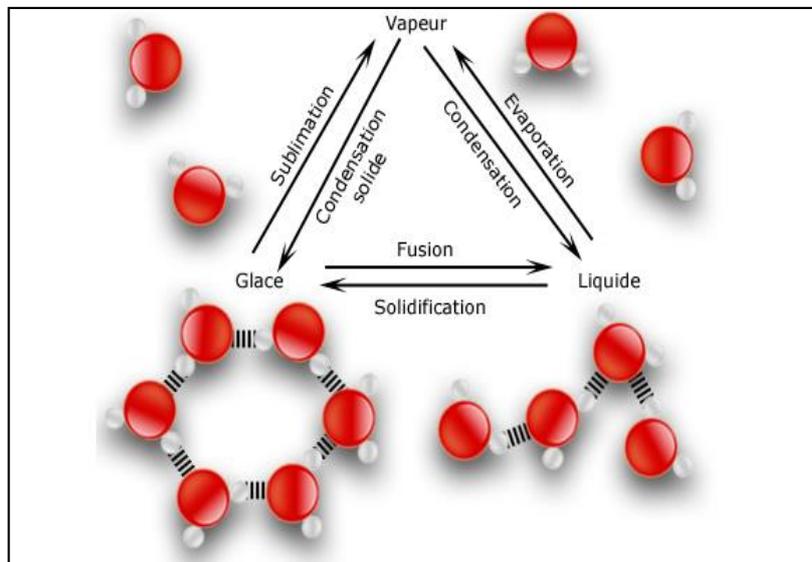


Figure I.I.6 : Les différents changements d'état possible d'eau.

I.I.3.1. Cycles d'eau :

1) Cycle externe :

Le soleil évapore l'eau qui se transforme en vapeur. Elle monte au ciel puis se condense sous forme de nuages. Ces nuages déversent leur contenu sur la terre, sous forme de pluie, neige ou grêle. L'eau de pluie qui tombe ou l'eau de neige fondue s'infiltrer dans le sol pour former des nappes souterraines qui donnent naissance à des

sources où il fuit dans les océans et les mers à nouveau pour recommencer le cycle de l'eau.

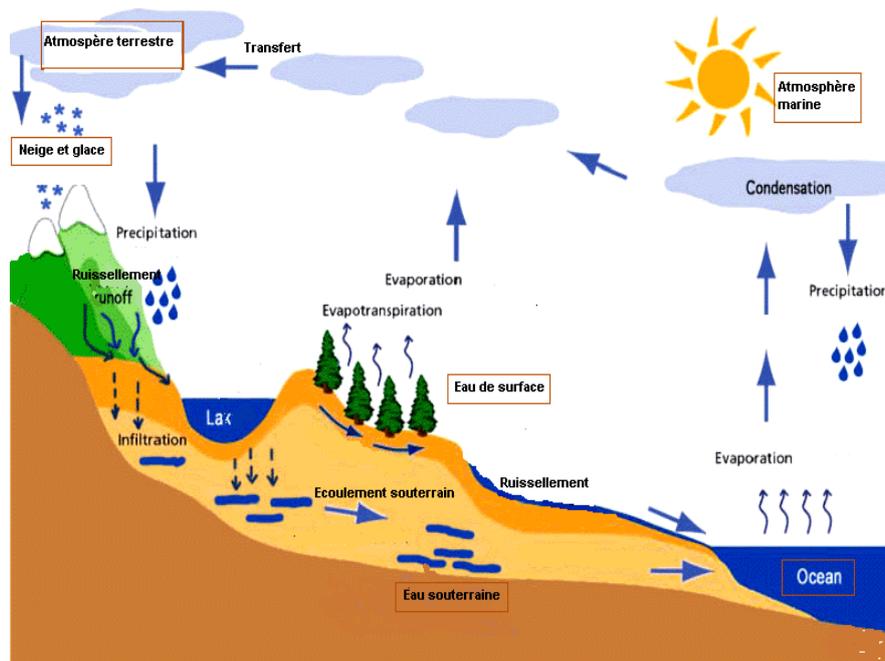


Figure I.I.7 : Cycle d'eau sur la terre.

2) Cycle océanique :

Le cycle océanique produit un excès de vapeur d'eau qui est transférée dans la haute atmosphère vers les continents. Elle alimente ainsi en partie le cycle continental[18].

3) Cycle continental :

Le cycle continental est alimenté d'une part par l'excès du cycle océanique et d'autre part par l'évapotranspiration. Par le phénomène des précipitations, il produit autant d'eau qu'il en reçoit. L'eau peut alors s'écouler par ruissellement ou s'infiltrer plus profondément dans les sols pour alimenter les aquifères. Il y a ensuite un retour de l'excès d'eau vers le cycle océanique par l'écoulement des cours d'eau et des eaux souterraines le long des rivages [18].

Chapitre I : Généralités sur les eaux naturelles

I.I.4. Répartition de l'eau sur la terre :

L'eau est présente sous différentes formes et dans différents réservoirs. L'état liquide est de loin le plus répandu à la surface du globe. L'eau salée représente 97,2 % de l'eau totale : mers et océans recouvrent plus de 70 % de la surface de la Terre.

L'eau douce représente environ 2,8 % de l'eau totale présente sur terre. On peut décomposer cette eau douce de la façon suivante :

- Environ 2,15 % sont contenus dans les glaciers et les neiges éternelles (ce qui représente environ 77 % de l'eau douce totale) ; les calottes glaciaires des pôles Nord et Sud sont les plus grands réservoirs d'eau douce de la planète (la quantité d'eau y est estimée à environ 25 millions de km³) ; malheureusement, toute cette eau douce est difficilement accessible pour l'Homme ;
 - Environ 0,63 % se retrouve dans les eaux souterraines, soit 22 % de l'eau douce totale ;
 - Environ 0,019 % constitue les eaux de surface, c'est-à-dire les lacs, les rivières, les fleuves, soit 0,6 % de l'eau douce ;
 - Environ 0,001 % de l'eau totale est contenu dans l'atmosphère.
- Le volume total d'eau sur la planète est estimé à 1 400 000 000 km³[19].

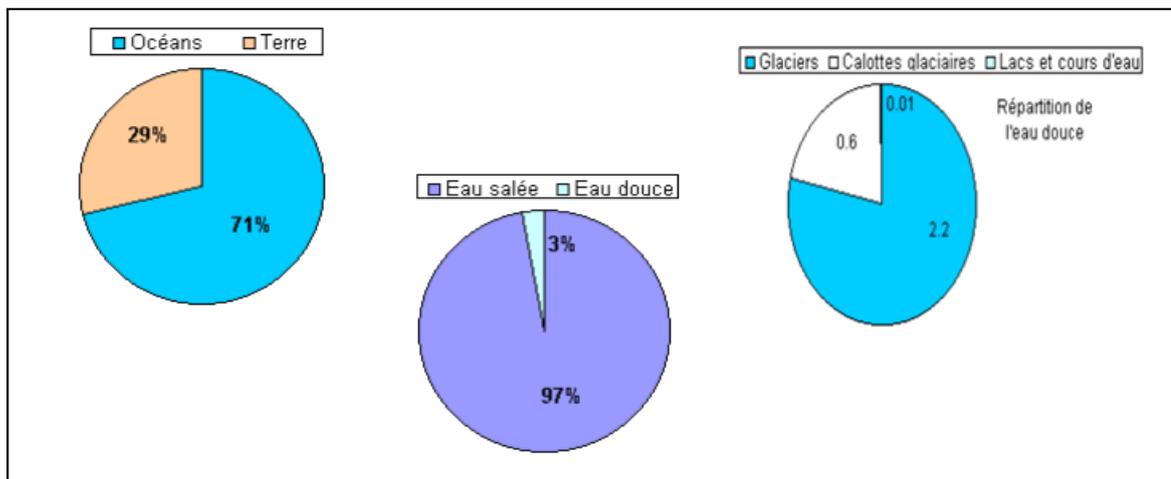


Figure I.I.8 : Répartition de l'eau à la surface de la terre.

I.I.5. Classification des eaux :

I.I.5.1. Les eaux naturelles :

I.I.5.1.1. Eaux souterraines :

Les eaux souterraines constituent 20% des réserves d'eaux soit environ 1000 millions de m³, leur origine est due à l'accumulation des infiltrations dans le sol qui varient en fonction de sa porosité et de sa structure géologique. Elles sont généralement d'excellente qualité physico-chimique et bactériologique et se réunissent en nappes[20].

Quand une eau souterraine contient une concentration en certains minéraux dépassant les normes de potabilité, mais elle représente des propriétés thérapeutiques, on la distribue en bouteilles avec parfois un traitement bien défini, ces eaux sont dites eaux minérales [21]. La nature du terrain sous lequel se trouve ces eaux est un déterminant de leurs compositions chimiques, cependant elles sont appelées aussi les eaux propres car elles répondent en général aux normes de potabilité. Pourtant, ces eaux sont moins sensibles aux pollutions accidentelles, elles perdent totalement leur pureté originale dans le cas de contamination par des polluants [22].

❖ Les nappes :

• Définition :

« L'aquifère », ou encore la nappe d'eau souterraine est un gisement d'eau souterraine utilisable comme source d'eau [23]. 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[24].

• Les différents types de nappes :

La porosité et la structure du sol déterminent le type de nappe et le mode de circulation souterraine[25].

- **Nappes phréatiques:** lorsque le fond imperméable est pratiquement horizontal et peu profond, on parle d'une nappe dite phréatique dans laquelle on peut creuser des puits. Le niveau piézométrique de la nappe phréatique a toujours tendance à suivre régulièrement les variations de la pluviosité. En période de sécheresse, les puits se tarissent [12].

Chapitre I : Généralités sur les eaux naturelles

- **Nappes alluviales** : les plaines alluvionnaires sont souvent formées de matériaux détritiques, c'est-à-dire de débris, très poreux et gorgés d'eau. Il y a là une réserve importante à exploiter et qui est presque toujours entretenue par le débit des rivières ainsi que par les précipitations. Au voisinage de la mer, la nappe peut recevoir de l'eau salée[12].

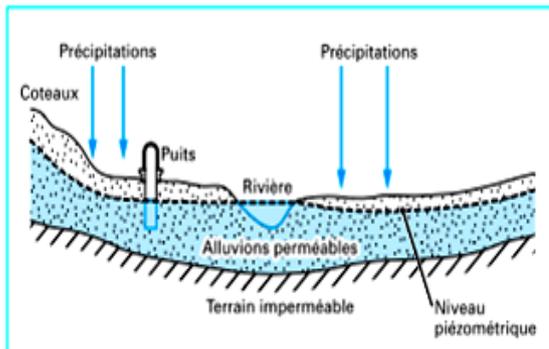


Figure - Nappe alluviale

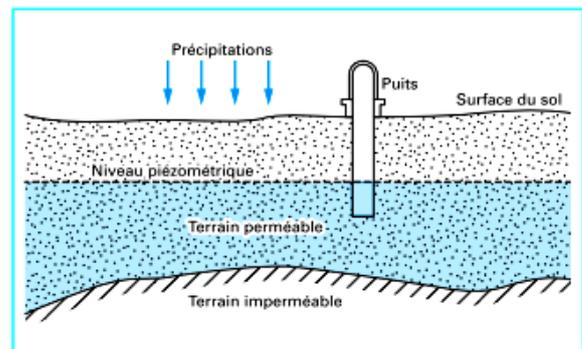


Figure - Nappe phréatique

Figure I.I.9 : Schéma d'une nappe phréatique et d'une nappe alluviale [25].

-
- **Nappes captives** : Plus profondes que les premières et séparées de la surface par une couche imperméable, l'alimentation de ces nappes est assurée par l'infiltration sur leurs bordures[22].

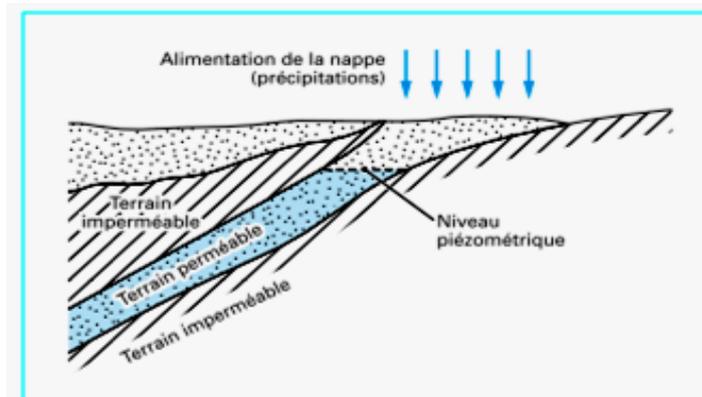


Figure I.I.10 : Schéma d'une nappe captive [26].

- **Nappe active (ou nappe libre)**: c'est une nappe due à la succession d'une couche imperméable surmontée d'une roche magasin. L'ensemble du dispositif peut être

affecté d'une pente plus ou moins forte. La nappe est alimentée directement par l'infiltration des eaux de ruissellement. Le niveau de cette nappe fluctue en fonction de la quantité d'eau retenue. L'équilibre hydraulique entre pluviométrie et réserve est assuré par le trop-plein qui constitue les sources. Celles-ci apparaissent en des points particuliers dus principalement à la topographie de la couche imperméable. Le niveau supérieur de la nappe piézométrique s'établit uniquement en fonction de la perméabilité du terrain à travers lequel pénètre l'eau d'infiltration[12].

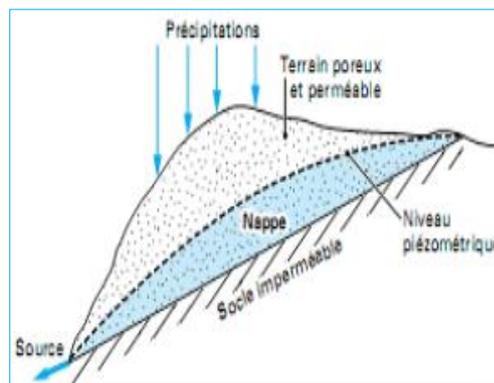


Figure I.I.11: Schéma d'une Nappe active [26].

I.I.5.1. 2. Les eaux de surface :

On peut répartir les eaux de surface en trois catégories ; eaux de rivière (partie amont), eaux de rivière (partie aval) et eaux de lac. La dureté de toutes les eaux de surface est modérée.

a) Eaux de rivière (partie amont) :

L'amont d'une rivière est en général situé dans une région montagneuse. Où la densité de population est faible et les industries pratiquement inexistantes. Les principales caractéristiques de ces eaux sont présentées ci-dessous :

- ✓ Turbidité élevée.
- ✓ Contamination bactérienne faible.
- ✓ Température froide.
- ✓ Indice de couleur faible.

b) Eaux de rivière (partie aval) :

L'aval d'une rivière est en général situé dans une région où la population est dense. L'agriculture développée et les industries plus ou moins nombreuses. Les eaux y sont donc habituellement de moins bonne qualité et plus difficiles à traiter qu'en amont. Les principales caractéristiques de ces eaux sont présentées ci-dessous :

- ✓ Contamination bactérienne élevée.
- ✓ Contamination organique et inorganique élevée.
- ✓ Indice de couleur pouvant être élevée.

c) Eaux de lac :

On peut considérer un lac comme un bassin naturel de décantation dont la période de rétention est longue. La turbidité de l'eau y est donc faible et la contamination bactérienne habituellement peu importante. Les caractéristiques des eaux de lac varient très lentement au cours de l'année, à l'exception de deux courtes périodes au printemps et à l'automne. Durant ces périodes, la différence de températures entre les eaux de surface et les eaux profondes peut provoquer un renversement des eaux du lac et en augmenter ainsi brusquement la turbidité [17].

Chapitre I : Généralités sur les eaux naturelles

Tableau I.I.1:Principales différences entre eaux de surface et eaux souterraines[27]

| Caractéristique | Eaux de surface | Eaux souterraines |
|---------------------------------------|--|--|
| Température | Variable suivant saisons | Relativement constante |
| Couleur | Liée surtout aux MES sauf dans les eaux très douces et acides (acides humiques) | Liée surtout aux matières en solution (acides humique...) |
| Minéralisation globale | Variable en fonction des terrains, des précipitations, des rejets... | Sensiblement constante en général nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région |
| Fer et Manganèse dissous | Généralement absents | Généralement présents |
| Nitrates | Peu abondants en général | Teneur parfois élevée |
| Micropolluants minéraux et organiques | Présents dans les eaux de pays développés, mais susceptibles de disparaître rapidement après suppression de la source. | Généralement absents mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps. |
| Eléments vivants | Bactéries, virus | Ferro-bactéries fréquentes |

I.I.5.1. 3. Les eaux de mers et océans :

Les mers et les océans constituent des énormes réservoirs d'eau. Elles représentent près de 97.4% du volume d'eau existant actuellement sur notre planète. Le reste est la part des eaux continentales (eaux souterraines et superficielles). Les eaux de mer sont caractérisées par une grande salinité. Elles sont dénommées aussi « eaux saumâtres », ce qui rend leur utilisation difficile. Notamment leur coût très élevé pour leur traitement [9].

Chapitre I : Généralités sur les eaux naturelles

I.I.5.1.4. Les eaux de pluie :

Les eaux de pluie sont des eaux de bonne qualité pour l'alimentation humaine. Elles sont saturées en oxygène et en azote et ne contiennent aucun sel dissous, comme le sel de magnésium et de calcium ; elles sont donc très douces. Dans les régions industrialisées, les eaux de pluie peuvent être contaminées par des poussières atmosphériques. La distribution des pluies dans le temps ainsi que les difficultés de captage font que peu de municipalités utilisent cette source d'eau [28].

I.I.5.2. Les eaux usées :

Les eaux usées sont des liquides de composition hétérogène, chargées en matières minérales ou organiques, pouvant être en suspension ou en solution, et dont certains peuvent avoir un caractère toxique [29]. Elles ont deux origines : il peut s'agir d'activités domestiques (aller aux toilettes, prendre une douche, faire la vaisselle, se laver les mains...) ou industrielles (fabriquer du yaourt, tenir un garage automobile ...) [30].

I.I.5.3. Les eaux de consommation :

Plusieurs terminologies existent pour désigner un même produit : eau de robinet, eau potable, eau du réseau public, eau distribuée, eau de boisson, eau d'alimentation... etc. Les principaux types d'eaux destinées à la consommation humaine sont celles fournies par un réseau de distribution et les eaux commercialisées [2].

I.I.5.3.1. Eau potable :

La définition d'une eau potable repose sur des normes établies par une réglementation. Cette dernière varie d'une communauté économique ou d'un pays à l'autre et est évolutive.

L'eau potable est une eau douce propre à la consommation humaine qui peut être utilisée sans restriction pour boire ou préparer la nourriture. La potabilité permet la survie des êtres vivants et les activités humaines fondamentales, car l'eau subit un traitement qui élimine les agents pathogènes (objets entrant en contact avec les denrées alimentaires)[2].

I.I.5.3.2. Eau naturelle :

Différentes de l'eau pure en ce qu'elles renferment diverses matières en solution et en suspension: impuretés minérales ou organiques. Les eaux de sources et de puits, ayant

Chapitre I : Généralités sur les eaux naturelles

traversées le sol, contiennent des substances organiques et minérales, elles sont filtrées par les sols. La réglementation algérienne définit les eaux minérales naturelles et/ou les eaux de source conformément à leurs caractéristiques et leurs propriétés qui les distinguent des autres eaux potables destinées à la consommation humaine, comme suit [30] :

1) Eau minérale :

Une eau minérale naturelle doit avoir une origine souterraine ou géologique et une composition chimique stable, et ne doit subir aucun traitement chimique, qui désigne une catégorie d'eau vendue en bouteille. Elle est définie par un certain nombre de caractéristiques selon les réglementations. Elle se distingue nettement des autres eaux destinées à la consommation humaine par sa nature caractérisée par sa pureté, et par sa teneur spécifique en sels minéraux, oligo-éléments ou autres constitutions. Les eaux minérales naturelles et /ou les eaux de source telles qu'elles se présentent à l'émergence ne peuvent faire l'objet d'aucune adjonction autre que l'incorporation ou la réincorporation de gaz carbonique [30].

2) Eau de source :

Selon le journal officiel, une eau de source est une eau d'origine souterraine, microbiologiquement saine et protégée contre les risques de pollution. A l'émergence et au cours de la commercialisation, elle respecte ou satisfait les limites ou références de qualité, portant sur des paramètres microbiologiques et physico-chimiques, définies par arrêté des ministres chargés de la consommation et de la santé. Toutefois, lorsque les éléments instables ou les constituants indésirables doivent être séparés d'une eau de source à l'aide de traitement autorisés pour cette eau conformément à l'article R.1321-85, le respect des caractéristiques de qualité chimique mentionnées à l'alinéa précédent s'applique à l'eau de source conditionnée. Une eau de source est exploitée par une ou plusieurs émergences naturelles ou forées. Elle doit être extraite de la source dans des récipients autorisés destinés à la livraison au consommateur [31].

- **Les différents types de sources:**

Les principaux types de sources sont les suivants:

- a) Sources d'affleurement :**

Lorsque la couche imperméable inférieure d'une nappe aquifère affleure le sol d'une vallée, l'eau de cette nappe apparaît à la surface sous forme d'un chapelet de sources. Elles apparaissent surtout dans des terrains calcaires ou cristallins, les sources thermo-minérales appartiennent à cette catégorie [32].

- b) Sources de déversement :**

Ce type de sources se rencontre dans les terrains fissurés en surface, calcaires et surtout granites (le réseau de fissures vient rencontrer la surface du sol, avec une pente qui permet d'y - conduire l'eau). Généralement leur débit est faible, pratiquement constant elles peuvent facilement tarir, aussi n'envisagera-t-on leur captage qu'en l'absence d'autres possibilité[32].

- c) Sources d'émergence:**

Bien que la couche perméable soit fissurée en direction de sol, on peut avoir un débit alimentant un trou d'eau, souvent envahi de végétation par une ou plusieurs fractures ou l'on peut voir l'eau bouillonner. Le débit localisé de ces sources est souvent important, leur risque de tarissement est inégal [32].

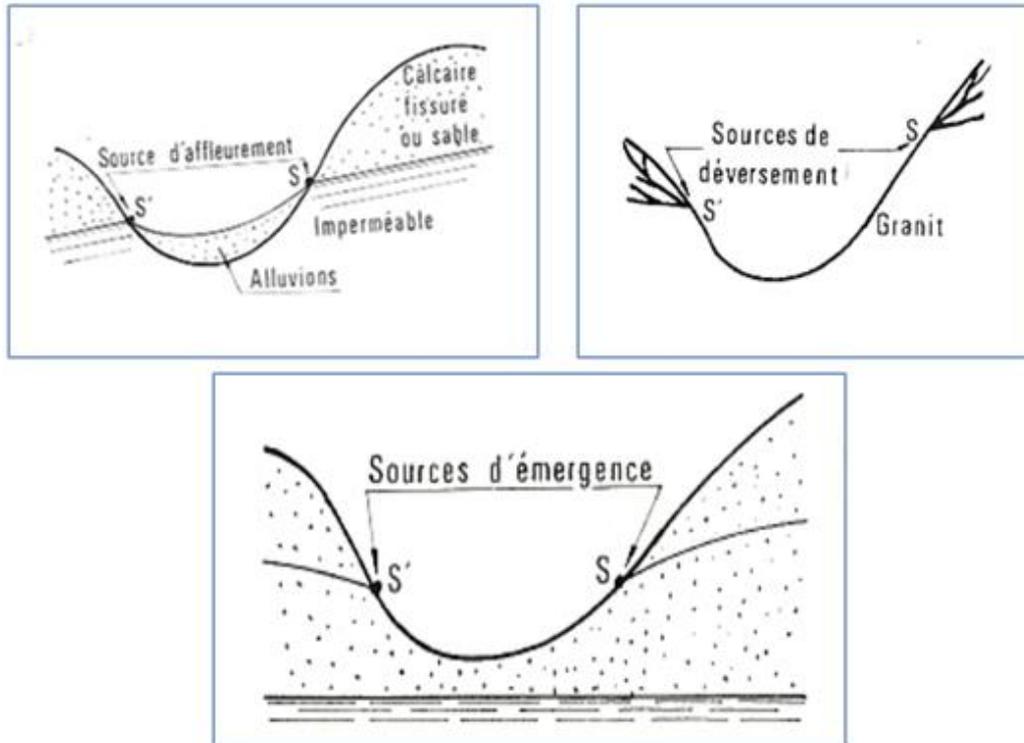


Figure I.I.12: Schéma des différents types de sources [33].

I.I.6. L'importance et le besoin en eau :

L'eau est un élément clef de la vie terrestre. Elle est indispensable au fonctionnement de l'organisme. L'eau est vitale pour l'être humain et constitue 70% de son poids. Notre organisme en a besoin pour digérer les aliments que nous mangeons. Plus vous consommez de calories et plus vous avez besoin d'eau pour vous aider à les éliminer. Seulement pour bien assimiler les aliments, notre organisme brasse entre 10 et 11 litres d'eau par jour et en moyenne, on en élimine 2.5 litres. Presque tous les aliments qui existent contiennent de l'eau, cela nous donne environ la moitié de ce dont nous avons besoin par jour, le reste se trouve dans ce que nous buvons. L'eau est indispensable à l'organisme. On estime qu'à température modérée, la suppression d'apport hydrique provoque la mort en 2 à 3 jours. Toute perte en eau doit donc être compensée. On considère néanmoins que les besoins en eau sont de 2,5 litres par jour mais ces besoins peuvent varier en fonction de l'âge, de la température extérieure, de l'activité physique, de l'altitude, ...etc [34].

Chapitre I : Généralités sur les eaux naturelles

Conclusion :

L'eau potable est une eau qui est apte à être consommée par l'être humain, elle peut contenir des substances polluantes, c'est pourquoi, elle a besoin d'être protégée, traitée et économisée.

Chapitre (II)
Traitement de l'eau et
paramètres de qualité d'une
eau potable

I.II. Introduction

Les eaux de surface ne sont pratiquement jamais potables sans aucun traitement du fait de diverses substances d'origine naturelle ou apportées par la pollution. Pour améliorer leur qualité (potabilité), elles nécessitent des traitements appropriés c'est-à-dire leur faire subir des modifications physicochimiques ou biologiques, dans une chaîne de traitement classique [35].

I.II.1. L'eau potable :

Définition :

L'OMS définit l'eau potable comme étant celle dont la consommation est sans danger pour la santé. Pour que l'eau soit qualifiée de potable, elle doit satisfaire à des normes relatives aux paramètres organoleptiques, physico-chimiques, microbiologiques et ne contient pas de substances indésirables et toxiques. Pour chaque paramètre, des valeurs limites à ne pas dépasser sont établies. Le fait qu'une eau soit potable ne signifie pas qu'elle soit exempte d'agents pathogènes mais que leur teneur a été jugée insuffisante pour déclencher une maladie [36].

I.II.2. Qualité de l'eau et norme de potabilité :

I.II.2.1. Qu'est-ce qu'une norme :

Un paramètre est un élément dont on va rechercher la présence et la quantité. La norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser, ou une limite inférieure à respecter. Un critère donné est rempli, lorsque la norme est respectée pour un paramètre donné. Un paramètre ne devient un critère qu'à partir du moment où il est choisi pour établir une norme. La norme fixe pour chacun des paramètres retenus comme critères une valeur chiffrée, qui définit soit un maximum à ne pas dépasser, soit une quantité minimum, soit encore une fourchette comprise entre un minimum et un maximum [37].

Chapitre (II) : traitement de l'eau et paramètres de qualité d'une eau potable

I.II.3. Caractéristiques d'une eau potable :

Une eau est déclarée « potable » si et seulement si elle répond à des normes précises imposées par la Commission des Communautés Européennes. Aujourd'hui, 63 paramètres contrôlent la qualité de l'eau, parmi lesquels on peut distinguer [38]:

.

Tableau I.II.1 : Les paramètres physicochimiques d'une eau potable selon l'OMS et le journal officiel Algérien.

| Paramètre | Selon l'OMS | Selon le Journal Algérien | Unité |
|---------------------------------|--------------------|----------------------------------|--------------|
| pH | 9 | 6.5 - 8.5 | - |
| Conductivité | 1000 | 2800 | µs/cm |
| Dureté totale | 50 | 100-500 | °F |
| Calcium | 100 | 75-200 | mg/l |
| Magnésium | 50 | 150 | mg/l |
| Sodium | 150 | 200 | mg/l |
| Potassium | 12 | 20 | mg/l |
| Sulfates | 250 | 200-400 | mg/l |
| Chlorures | 600 | 200-500 | mg/l |
| Nitrates | 50 | 50 | mg/l |
| Nitrites | 0.1 | 0.1 | mg/l |
| Ammonium | 0.5 | 0.5 | mg/l |
| Phosphates | 5 | 5 | mg/l |
| Oxydabilité(KMnO ₄) | 5 | 3 | mg/l |
| Oxygène dissout | 5 | 5 | mg/l |
| Aluminium | 0.2 | 0.2 | mg/l |
| Température | 25 | 25 | °C |

Chapitre (II) : traitement de l'eau et paramètres de qualité d'une eau potable

I.II.3.1. Paramètres physico-chimiques :

Ce sont tous les éléments physiques ou chimiques constitutifs de la structure naturelle d'une eau et que l'on doit prendre en compte lors de l'analyse de l'eau [39].

a) Température :

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique et dans la détermination du pH. De plus, la vitesse des réactions chimiques et biochimiques varie en fonction de la température de l'eau [40].

b) pH :

Le pH (Potentiel Hydrogène) mesure la concentration en ions H^+ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14 ; 7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques, et dépend de facteurs multiples, dont la température et l'origine de l'eau [41].

Tableau I.II.2 : Classification des eaux d'après leur pH [41]

| | |
|--------------|---|
| pH < 5 | Acidité forte => présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles. |
| pH = 7 | pH neutre. |
| 7 < pH < 8 | Neutralité approchée => majorité des eaux de surface. |
| 5.5 < pH < 8 | Eaux souterraines. |
| pH = 8 | Alcalinité forte, évaporation intense. |

c) Salinité :

La salinité totale d'une eau correspond à la somme des cations et des anions présents exprimée en mg/l[42].

d) Les résidus secs à 180°C :

Les Résidus secs obtenus par évaporation, représentent les matières dissoutes et en suspensions d'une eau [42].

e) Dureté ou titre hydrométrique (TH) :

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau est une grandeur reliée à la somme des concentrations en cations métalliques, à l'exception de ceux des métaux alcalins (Na^+ , K^+), dans la plupart des cas, la dureté est surtout due aux ions calcium Ca^{2+} et magnésium Mg^{2+} (ions alcalino-terreux). Un degré hydrotimétrique ($^{\circ}\text{TH}$) correspond à une concentration en ions Ca^{2+} ou Mg^{2+} . Un degré hydrotimétrique correspond aussi à un degré français (1°F) [42]. Ce dernier équivaut à 10 mg/l de carbonate de calcium.

Tableau I.II.3 : Classification des eaux en fonction de leurs duretés[8]

| $^{\circ}\text{F}$ | Qualité |
|--------------------|----------------------|
| 0 à 5 | Eau très douce |
| 5 à 12 | Eau douce |
| 12 à 25 | Eau moyennement dure |
| 25 à 32 | Eau dure |
| > 32 | Eau très dure |

f) Alcalinité :

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence des bicarbonates, carbonates et les hydroxydes, elle est mesurée soit par le titre alcalimétrique (TA) ou par le titre alcalimétrique complet (TAC) [42].

g) Titre alcalimétrique (TA) ou titre alcalimétrique complet (TAC) :

Les valeurs relatives du TA et du TAC permettent de connaître les teneurs en hydroxydes, carbonates et hydrogénocarbonates contenues dans l'eau. Le TA permet de déterminer, en bloc, la teneur en hydroxydes et seulement la moitié de celle en carbonate.

La TAC assure la détermination de la teneur en hydrogénocarbonates [42].

h) 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 [43].

Tableau I.II.4 : Relation entre la conductivité et la minéralisation des eaux naturelles [36].

| Conductivité en $\mu\text{S}/\text{Cm}$ | Minéralisation de l'eau |
|---|--------------------------------|
| < 100 | Très faible |
| Entre 100 et 200 | Faible |
| Entre 200 et 333 | Moyenne |
| Entre 333 et 666 | Moyenne accentuée |
| Entre 666 et 1000 | Importante |
| > 1000 | Elevée |

I) Oxygène dissous :

L'eau absorbe autant d'oxygène que nécessaire pour que la pression partielle d'oxygène dans le liquide et l'air soit en équilibre. La solubilité de l'oxygène dans l'eau est fonction de la pression atmosphérique (donc de l'altitude), de la température et de la minéralisation de l'eau: la saturation en O₂ diminue lorsque la température et l'altitude augmente. La concentration en oxygène dissous est un paramètre essentiel dans le maintien de la vie, et donc dans les phénomènes de dégradation de la matière organique et de la photosynthèse [41].

J) Ions majeurs :

❖ **Calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+}) :**

Le calcium Ca^{2+} et le magnésium Mg^{2+} sont présents dans les roches cristallines et les roches sédimentaires. Ils sont très solubles et sont donc largement représentés dans la plupart des eaux [41].

❖ **Sodium (Na^+) et potassium (K^+):**

Le cation sodium (Na^+) est très abondant sur la terre. On le retrouve dans les roches cristallines et les roches sédimentaires (sables, argiles, évaporites) et la roche Halite (évaporite NaCl). Le potassium (K^+) est assez abondant sur terre, mais peu fréquent dans les eaux. Le potassium est dans les roches cristallines (mais dans des minéraux moins altérables que ceux qui contiennent du sodium), les évaporites (sylvinite KCl) et les argiles [41].

❖ **Sulfate (SO_4^{2-}) :**

Les origines des sulfates dans les eaux sont variées. Les origines naturelles sont l'eau de pluie [41].

❖ **Chlorures:**

Les chlorures (Cl^-) sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, la source principale des chlorures dans les eaux est due à la dissolution de roches sédimentaires [41]. Ils se trouvent généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). Ils ont une influence sur la faune et la flore aquatique ainsi que sur la croissance des végétaux. Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution.

I.II.3.2. Caractères organoleptiques :

a) La 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

Chapitre (II) : traitement de l'eau et paramètres de qualité d'une eau potable

dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité. Elle représente un indicateur de pollution si elle dépasse l'équivalent de 15 mg/l de platine cobalt [39].

b) 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 [43].

c) Turbidité :

La turbidité d'une eau est due à la présence de particules en suspension notamment colloïdales : argiles, limons, grains de silice, matières organiques...Etc. L'appréciation de l'abondance de ces particules mesure son degré de turbidité. Celui-ci sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace. Les eaux souterraines qui subissent la filtration par le sol ont une turbidité faible [40].

I.II.3.3. Paramètres indésirables ou toxiques :

a) Fer et manganèse :

Ces deux éléments existent dans la plupart des eaux et sont généralement liés ; ils entraînent des conséquences similaires : formation de dépôts, goûts désagréables et prolifération bactérienne. Bien que nécessaire à la nutrition humaine, le fer et le manganèse ne doivent pas dépasser certaines teneurs [42].

b) Métaux lourds :

Certains éléments sont rarement présents dans les eaux à l'état naturel mais sont apportés par les divers rejets. La dose dangereuse est difficile à fixer car la toxicité de ces éléments est surtout d'origine cumulative. Les principaux d'entre eux sont : argent, cadmium, cuivre, mercure, nickel, plomb, zinc ...etc [42].

❖ Cadmium (Cd) :

Le cadmium est un métal blanc, mou, ductile et flexible. Il est naturellement assez rare dans l'environnement où on peut le trouver associé au zinc. Les déchets industriels et les

Chapitre (II) : traitement de l'eau et paramètres de qualité d'une eau potable

ordures ménagères sont les principales sources de pollution par le cadmium, élément qui circule dans les eaux et les sols avec grande facilité. Sa très nette toxicité se manifeste particulièrement par des atteintes rénales [44].

❖ Plomb (Pb) :

C'est un constituant naturel, largement réparti dans la croûte terrestre. C'est un métal Toxique, il est quasiment inexistant dans l'eau à l'état naturel. Sa présence éventuellement ne peut provenir que de la corrosion des canalisations de distribution de l'eau. Il a un effet cumulatif sur l'organisme à l'origine de nombreux troubles de la santé (des lésions du système nerveux, l'hypertension...Etc.) [43].

I.II.4. Qualité d'eau :

La qualité de l'eau diffère naturellement selon le lieu, la saison, et les divers types de roches et sols dans lesquels elle se déplace. Même si l'eau est claire, elle n'est pas forcément sûre à consommer. Il est important d'évaluer la salubrité de l'eau en prenant en compte les trois types de paramètres suivants :

- ✓ Microbiologique —bactéries, virus, protozoaires et helminthes (vers).
- ✓ Chimique — minéraux, métaux, produits chimiques et pH.
- ✓ Physique — température, couleur, odeur, goût et turbidité.

Une eau de boisson salubre doit avoir les paramètres microbiologique, chimique et physique suivants :

- ✓ Sans agents pathogènes (un agent pathogène est un organisme vivant provoquant une maladie. Parmi les agents pathogènes couramment présents dans l'eau de boisson, on trouve des bactéries, des virus, des protozoaires et des helminthes).
- ✓ Faibles concentrations en produits chimiques toxiques.
- ✓ Claire.
- ✓ Insipide, inodore et incolore (pour des raisons esthétiques).

La qualité microbiologique est habituellement la principale préoccupation car les maladies infectieuses provoquées par les bactéries, virus, protozoaires et helminthes pathogènes qui sont les risques sanitaires associés à l'eau de boisson les plus répandus.

Chapitre (II) : traitement de l'eau et paramètres de qualité d'une eau potable

Seuls quelques produits chimiques ont entraîné des effets sanitaires à grande échelle chez les personnes buvant une eau qui en contient des quantités excessives. Parmi ceux-ci on trouve le fluorure, l'arsenic et les nitrates [39].

I.II.5. Principaux germes d'eau :

I.II.5.1. Coliformes :

Le terme coliforme regroupe un nombre d'espèces bactériennes appartenant en fait à la famille des Enterobacteriaceae, dont la caractéristique classique est la fermentation du lactose avec production de gaz. On distingue deux types [39]:

- 1) **Coliformes totaux:** les coliformes sont des bâtonnets, anaérobies facultatifs, gram (-), non sporulant. Ils fermentent le lactose en produisant de l'acide et de gaz en 48 heures à des températures variant de 35°C à 37°C[39].

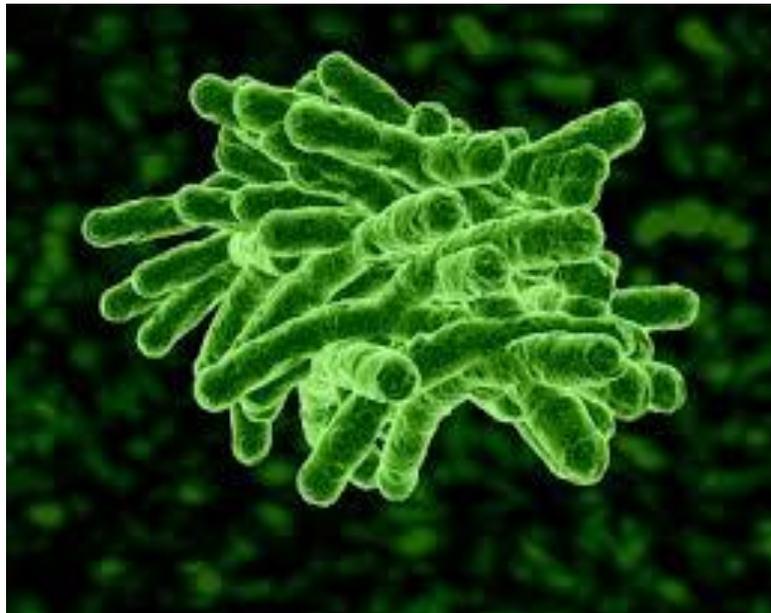


Figure I.II.1 : Coliformes totaux [39].

2) Coliformes fécaux :

Ce sont des bâtonnets, aérobies et facultativement anaérobies, gram (-), non sporulant, capable de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz à des températures se situant entre 36°C et 44°C en moins de 24 heures [45].

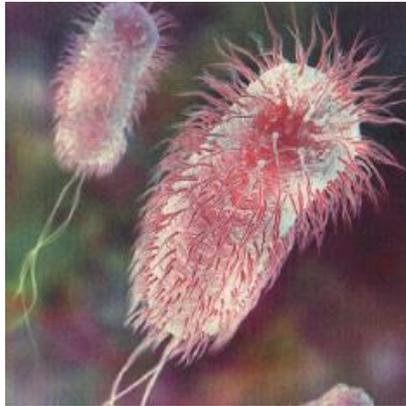


Figure I.II.2 : Coliformes fécaux [46].

I.II.5.2. Streptocoques fécaux :

Ces bactéries appartiennent à la famille de streptococaceae, au genre streptococcus et au groupe sérologique D de Landefeld. Ils sont définis comme étant des Coc ci sphériques légèrement ovales, grams positifs. Ils se disposent le plus souvent en diplocoques ou en chaînettes, se développant le mieux à 37°C et possédant un caractère homo-fermentaire avec production d'acide lactique sans gaz[47].



Figure I.II.3 : Streptocoques fécaux [46].

I.II.5.3. Spores anaérobies sulfito-réducteurs :

Ces bactéries sont souvent considérées comme des témoins de pollution fécale ; la forme spore beaucoup plus résistante que les formes végétatives des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux, permettraient de déceler une pollution ancienne ou intermittente. Le Spore anaérobie sulfito-réducteur est pratiquement toujours présente dans les rivières et le sol, dans une nappe sous-jacente. Parmi les paramètres retenus pour déterminer la qualité microbiologique de l'eau, les Spores anaérobie sulfito-réducteurs sont pris en compte dans la réglementation de l'OMS. La recherche des S.A.S.R est utilisée pour contrôler l'efficacité d'une filtration naturelle ou artificielle [47].



Figure I.II.4 : Spores anaérobies sulfito-réducteurs [48].

I.II.6. Traitement des eaux :

Les eaux de la nature ne sont pas bonnes à boire à cause de diverses substances d'origine naturelle ou apportées par la pollution. L'eau doit donc être traitée pour pouvoir être consommée sans danger et améliorer sa qualité.

I.II.6.1. Processus de potabilisation des eaux de surface :

Le traitement d'une eau brute dépend de sa qualité et de ses constituants, critères qui varient dans le temps et pour traiter les eaux de surface, il existe deux types de procédés de traitements :

- Traitement biologique.

Chapitre (II) : traitement de l'eau et paramètres de qualité d'une eau potable

- Traitement physico-chimique.

Les étapes de traitement sont les suivantes :

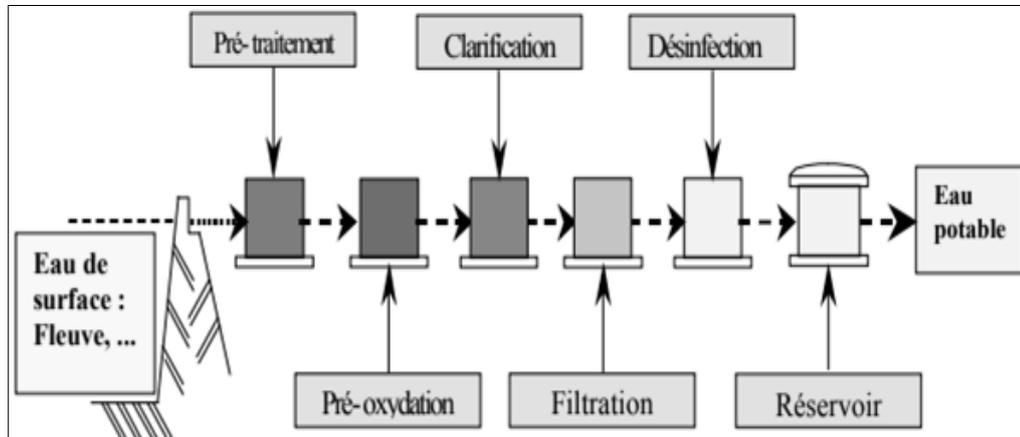


Figure I.II.5 : Chaîne de traitement [28].

1) Captage :

C'est un procédé permettant le prélèvement d'eau brute dans le milieu naturel. Dans un premier temps, l'eau est captée à partir de ressources superficielles ou souterraines, puis conduite par une canalisation jusqu'à l'usine de potabilisation [49].

2) Prétraitement :

Une eau, avant d'être traitée, doit être débarrassée de la plus grande quantité possible d'éléments dont la nature et la dimension constitueraient une gêne pour les traitements ultérieurs. Pour cela, on effectue des prétraitements de l'eau de surface. Les prétraitements sont principalement de trois types:

- Le dégrillage.
- Le tamisage.
- Le dessablage [50].

a) Le dégrillage :

Le dégrillage protège les opérations avalées de l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de traitement, et permet également d'évacuer les matières volumineuses charriées par l'eau brute, qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements suivants, ou en compliquer l'exécution [51].

b) **Le tamisage :** permet d'éliminer des objets plus fins que ceux éliminés par le dégrillage. Il s'agit de feuilles ou de morceaux de plastique par exemple [28].

c) Dessablage :

Il consiste à l'élimination des sables présent dans les eaux brutes, est une opération indispensable pour :

- Eviter les dépôts dans les amenées et installations ;
- Protéger les pompes et les autres organes mécaniques contre l'abrasion ;
- Eviter de perturber les autres stades de traitement [52].

3) Pré-oxydation :

La pré-oxydation des eaux brutes, en particulier les eaux provenant de barrages réservoirs en voie d'eutrophisation, qui présentent une teneur élevée en matière organique du type substance humique ($\approx 10 \text{ mg.L}^{-1}$ de COT), en azote ammoniacal (NH_4), une turbidité et une faible minéralisation, améliore le processus de coagulation et floculation et la décantation. Les composés les plus souvent utilisés sont des agents chlorés : le chlore gazeux (Cl_2), l'hypochlorite de sodium ou « eau de javel » (NaClO), le dioxyde de chlore (ClO_2), l'ozone (O_3) et le permanganate de potassium (KMnO_4). Le choix de l'oxydant dépend de la qualité des eaux brutes utilisées et des objectifs que l'on veut atteindre. Le chlore est le réactif le plus économique, mais il a comme inconvénient, la formation avec certains micropolluants des composés organochlorés du type chloroforme ou des composés complexes avec les phénols du type Chlorophénol dont le goût et l'odeur sont désagréables. La pré-oxydation par le dioxyde de chlore et l'ozone ne présentent pas l'inconvénient du chlore : ils sont également algicides sans toutefois oxyder l'azote

ammoniacal (NH_4) et améliore généralement les conditions de coagulation et floculation [50].

4) La clarification :

La clarification est l'ensemble des opérations permettant d'éliminer les matières en suspension d'une eau brute ainsi que la majeure partie des matières organiques. La clarification comprend les opérations de coagulation, floculation, de décantation et de filtration [50].

a) La coagulation :

La coagulation est l'une des opérations les plus importantes dans le traitement des eaux de surface. Cette étape a une grande influence sur les opérations de décantation et de filtration ultérieures. Les colloïdes en solution sont naturellement chargés négativement. Ainsi, elles se repoussent mutuellement et restent en suspension. On dit qu'il y a stabilisation des particules dans la solution. La coagulation consiste en la déstabilisation de ces particules par la neutralisation de leurs charges négatives en utilisant des réactifs chimiques nommés coagulants avec une agitation importante. Le choix du coagulant et la dose ont une influence sur la qualité de l'eau, le coût d'exploitation, et les opérations ultérieures. Il existe deux principaux types de coagulants:

- Les sels de fer (chlorure ferrique).
- Les sels d'aluminium (sulfate d'aluminium)[49].

b) La floculation :

Lors du processus de floculation, les fines particules dispersées sont combinées en agglomérats plus gros qui peuvent être éliminés par un processus subséquent telle la décantation ou la filtration. La floculation est déterminée par le contact entre particules qui conduit à la croissance en taille et la diminution en nombre des particules en solution. Elle est réalisée par une agitation lente qui permet, grâce à l'injection d'un réactif appelé « flocculant » l'agglomération des floccs et donc leur grossissement. Les flocculants généralement utilisés sont la silice activée, les alginates de sodium, les polyélectrolytes...etc[50].

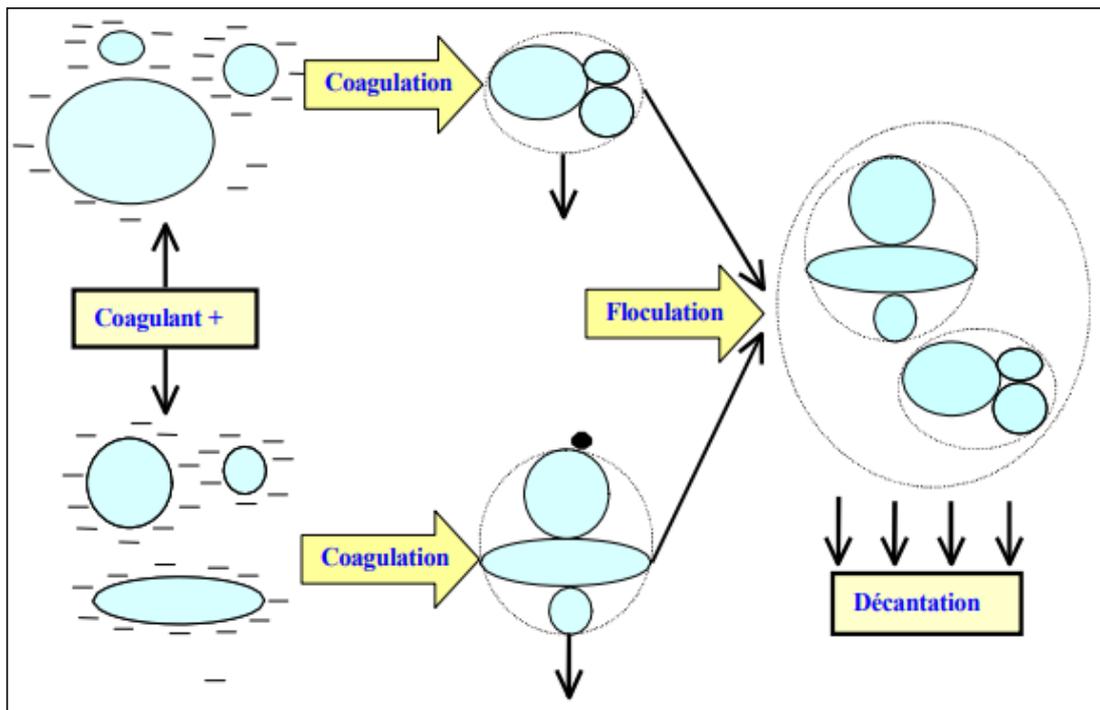


Figure I.II.6 : Coagulation-Flocculation [51].

b) La décantation :

La décantation qui est un procédé qu'on utilise pratiquement dans toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux, a pour but d'éliminer les particules en suspension dont la densité est supérieure à celle de l'eau. Ces particules sont en générale des particules de floc ou des particules résultant de la précipitation qui a lieu lors des traitements d'adoucissement ou d'élimination du fer et du manganèse. Les matières organiques ou minérales grenues et les matières floculeuses chutent au fond du bassin de décantation et constituent des boues qui sont extraites périodiquement. L'eau clarifiée, située près de la surface, est dirigée vers l'unité de filtration [50]. Il existe plusieurs types de décanteurs :

- 1) Décanteurs statiques :** Il est constitué d'un bassin rectangulaire ou circulaire où les boues se déposent. Les petits décanteurs sont munis de fonds inclinés de 45° à

60° pour permettre l'évacuation continue ou intermittente des boues au point le plus bas [28].

2) **Décanteurs à contact de boues** : Ce sont des décanteurs modernes qui possèdent une zone de réaction où l'on met en contact l'eau brute et ses réactifs avec les boues déjà existantes : on trouve là les appareils à circulation des boues et les appareils à lit de boues [28].

c) **Filtration** :

C'est un procédé qui permet de retenir les matières en suspension qui n'ont pas été piégées lors de l'étape de clarification. L'eau est ensuite envoyée dans des bassins filtrants à travers des couches de sable et de gravier, à travers des charbons actifs ou à travers une membrane. Le filtre à sable nécessite un nettoyage périodique afin d'éliminer les matières retenues entre les grains qui ralentissent le passage de l'eau [49]. D'une façon générale, on distingue deux types de filtration :

- La filtration lente qui a l'avantage d'être une opération facile mais présentant plusieurs inconvénients tels que la nécessité d'une grande surface et l'exigence d'une eau dont la turbidité est faible.

- La filtration rapide, qui en revanche est une opération relativement complexe mais palliant les inconvénients de la première [28].

5) **Désinfection** :

La désinfection est sans aucun doute l'étape la plus importante du traitement de l'eau destinée à la consommation [24]. Le but de cette étape est d'éliminer tous micro-organismes pathogènes présents dans l'eau et maintenir le chlore résiduel dans les conduites afin d'empêcher le développement de maladies hydriques. Divers agents désinfectants peuvent être utilisés tels que le chlore et ses dérivées, l'ozone, les rayons ultra-violetts. Mais le chlore est l'agent le plus utilisé comme désinfectant final [28].

On peut également désinfecter l'eau grâce à des moyens physiques : ébullition, ultrasons, ultraviolets ou rayons gamma [50].

6) Affinage :

L'objectif de cette opération est d'éliminer les matières minérales et organiques dissoutes dans l'eau et améliorer sa qualité organoleptique. On procède à l'affinage pour éliminer les micropolluants qui existent déjà dans l'eau ou qui se sont formés au cours du traitement et qui n'ont pas été totalement abattus par la coagulation-floculation. Cet affinage est réalisé par le phénomène d'adsorption, généralement sur du charbon actif. Celui-ci est mis en œuvre soit en poudre au cours de la floculation et sera par la suite évacué avec la boue, soit sous forme de grains, habituellement utilisé après filtration sur sable [49].

7) Stockage et distribution :

Une fois rendue potable. L'eau est envoyée dans des réservoirs ou elle est stockée avant d'être un réseau de canalisations souterraines dans les habitations. Pour arriver au robinet du consommateur, l'eau potable emprunte un circuit fait de multiples ramifications. En sortie d'usine de production d'eau potable, des pompes de refoulement acheminent l'eau potable dans la partie haute du château d'eau où elle est stockée, son élévation assure une pression suffisante dans tout le réseau et permet d'avoir "l'eau courant [49]."

I.II.6.2. Traitement de l'eau de source :

Les eaux de sources sont naturellement propres à la consommation humaine. Les seuls traitements qui sont permis d'être appliqués, afin d'éliminer les éléments instables (gaz, le fer, et le manganèse) sont : L'aération, la décantation et la filtration [53].

I.II.6.3. Traitement de l'eau de consommation :

Qu'elles soient d'origine souterraine ou superficielle, les eaux utilisées pour l'alimentation humaine sont rarement consommables telles quelles. Il est souvent nécessaire de leur appliquer un traitement plus ou moins approprié. L'objectif fondamental du traitement de l'eau est de protéger les consommateurs des micro-organismes pathogènes et des impuretés désagréables ou dangereuses pour la santé [50].

I.II.6.4. Traitement des eaux souterraines :

La moitié des eaux souterraines que nous consommons n'a besoin d'aucun traitement mais certaines d'entre elles présentent toutefois, naturellement, des teneurs excessives en certains éléments (fer, manganèse, turbidité). D'autres dépourvues de protection naturelle, sont soumises à des pollutions ponctuelles (souvent accidentelles), diffuses (nitrates et produits phytosanitaires) ou microbiologiques (liées à certains aquifères sensibles tels que les milieux fissurés karstiques ou à des contaminations de proximité au niveau des installations de captage) et donc doivent subir un traitement spécifique avant mise en distribution [50].

Conclusion :

Au vu de ce chapitre, nous pouvons conclure que toute eau brute ne peut être utilisée pour produire de l'eau potable que si elle est bien traitée.

Pour s'assurer que la matière première en eau potable est de qualité suffisante, différentes étapes de traitement sont alors agencées en filières de potabilisation comme : Les procédés de prétraitement, clarification, désinfection... ect.

Chapitre (III)
Pollution des eaux et
Impact sur la santé

I.III. Introduction :

Le problème de la pollution des eaux représente sans aucun doute l'un des aspects les plus menaçants de la dégradation de l'environnement par les séquelles de la civilisation technologique contemporaine. Les plus graves phénomènes de pollution constituent, en règle générale, une menace souvent potentielle, susceptible d'entraver dans un avenir plus ou moins proche l'activité humaine [54].

I.III.1. Définition de la pollution :

La pollution est une modification défavorable du milieu naturel qui apparaît en totalité ou en partie comme un sous-produit de l'action humaine, au travers des effets directs ou indirects altérant les critères de répartition des flux d'énergie, des niveaux de radiation, de la constitution physico-chimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes, ces modifications peuvent affecter l'Homme directement ou à travers des ressources agricoles, en eau et en produits biologiques [54].

I.III.2. La pollution de l'eau :

On appelle pollution de l'eau toute modification défavorable chimique, physique ou biologique de la qualité de l'eau qui a un effet nocif sur les êtres vivants qui consomment cette eau. Quand les êtres humains consomment de l'eau polluée, il y a en général des conséquences sérieuses sur leur santé. La pollution de l'eau peut aussi rendre l'eau inutilisable pour l'usage désiré [12]. La pollution de l'eau est peut être observée à différents niveaux dont on cite:

- Les nappes ou les sources d'eaux par suite d'infiltration d'eaux usées (Fosses septiques, latrines).
- Les eaux de surface: Les lacs, les fleuves, les rivières et les oueds.
- Les canalisations et les réseaux d'alimentations en eau [55].

I.III.3. Les différentes formes de pollution :

Il existe quatre formes de pollution des eaux qui sont comme suit [54]:

❖ Pollution ponctuelle :

Elles proviennent des ressources bien déterminés et qui peuvent être contrôlées par les stations d'épuration (rejets domestiques ou industriels) [54].

❖ Pollution diffuse :

Elle est due principalement aux pratiques agricoles, les engrais gagnent les milieux aquatiques par lessivage des sols en surface et après infiltration dans le sol[54].

❖ Pollution permanente :

Correspond aux rejets domestiques de grandes villes [54].

❖ Pollution accidentelle ou aigue :

Résulte du déversement accidentel de produits toxiques dans le milieu naturel [54].

I.III.4. Les différents types de pollution des eaux :

I.III.4.1.La pollution physique :

Ce type de pollution est causé par les rejets d'eau chaude provenant des systèmes de refroidissement, des centrales électriques classiques ou nucléaires [55].

1) La pollution radioactive de l'eau :

La radioactivité des eaux naturelles peut être d'origine naturelle (uranium, radium) ou artificielle (Energie nucléaire). Les substances radioactives libérée dans l'eau peuvent provenir d'une radioactivité naturelle (certaines eaux d'origine profonde), ou d'une contamination liée à des retombées atmosphériques (explosions nucléaires), des champs de rayonnement d'origine industrielle ou enfin des contaminations accidentelles de l'eau à partir des rejets des installations des centrales nucléaire[56].

2) Pollution mécanique :

Elle résulte des décharges de déchets et de particules solides apportés par les eaux résiduaires industrielles, ainsi que les eaux de ruissellement. Ces polluants sont soit les éléments grossiers soit du sable ou bien les matières en suspension MES [57].

3) Pollution thermique :

Les eaux rejetées par les usines utilisant un circuit de refroidissement de certaines installations (centrales thermiques, nucléaires, raffineries, aciéries...); l'élévation de température qu'elle induit diminue la teneur en oxygène dissous. Elle accélère la biodégradation et la prolifération des germes. Il se trouve qu'à charge égale, un accroissement de température favorise les effets néfastes de la pollution [57].

I.III.4.2. La pollution chimique :

Elle résulte des rejets chimiques, essentiellement d'origine industrielle, domestique et agricole. La pollution chimique des eaux est regroupée dans deux catégories :

- Organique (hydrocarbures, pesticides, détergents...).
- Minérale (métaux lourds, cyanure, azote, phosphore...) [58].

1) La pollution organique :

Ce sont les effluents chargés de matières organiques fermentescibles (biodégradables), fournis par les industries alimentaires et agroalimentaires (laiteries, abattoirs, sucreries...), et par les effluents domestiques (déjections humaines, graisses,...etc.). La première conséquence de cette pollution est la consommation d'oxygène dissous de ces eaux. Les polluants organiques ce sont principalement les détergents, les pesticides et les hydrocarbures [58].

❖ Les détergents :

Ils sont des composés tensioactifs synthétiques dont la présence dans les eaux est due aux rejets d'effluent urbains et industriels. Les nuisances engendrées par l'utilisation des détergents sont :

- L'apparition de goût de savon.
- La formation de mousse qui freine le processus d'épuration naturelle ou artificielle.

Chapitre III : pollution des eaux et impact sur la santé

- Le ralentissement du transfert et de la dissolution de l'oxygène dans l'eau [58].

❖ Les pesticides :

On désigne généralement comme des produits utilisés en agriculture. Les conséquences néfastes dues aux pesticides sont liées aux caractères suivants :

- Rémanence et stabilité chimique conduisant à une accumulation dans les chaînes alimentaires.

- Rupture de l'équilibre naturel [58].

❖ Les hydrocarbures :

Provenant des industries pétrolières et des transports, qui sont des substances peu solubles dans l'eau et difficilement biodégradables, leur densité inférieure à l'eau les fait surnager. En surface, ils forment un film qui perturbe les échanges gazeux avec l'atmosphère [58].

2) La pollution minérale :

La pollution minérale des eaux peut provoquer le dérèglement de la croissance végétale ou trouble physiologique chez les animaux. Les polluants minéraux sont principalement les métaux lourds et les éléments minéraux nutritifs [59].

❖ Les métaux lourds :

Ils sont essentiellement le mercure (Hg), le cadmium (Cd), le plomb (Pb), l'argent (Ag), le cuivre (Cu), le chrome (Cr), le nickel (Ni) et le zinc (Zn). Ces éléments, bien qu'ils puissent avoir une origine naturelle (roches du sous-sol, minerais), proviennent essentiellement de la contamination des eaux par des rejets d'activités industrielles diverses. Ils ont la particularité de s'accumuler dans les organismes vivants ainsi que dans la chaîne trophique [60].

❖ Les éléments minéraux nutritifs :

- (**Nitrates et phosphates**) : provenant pour l'essentiel de l'agriculture et des effluents domestiques, ils sont à l'origine du phénomène d'eutrophisation c'est-à-dire la prolifération excessive d'algues et de plancton dans les milieux aquatiques [58].

3) La pollution biologique :

Un grand nombre de micro-organismes peut proliférer dans l'eau qui sert d'habitat naturel ou comme une simple moyenne de transport pour ces microorganismes. L'importance de la pollution de l'eau dépend également des conditions d'hygiène, des populations, mais aussi des caractéristiques écologiques et épidémiologiques. Les principaux organismes pathogènes qui se multiplient dans l'eau sont: les bactéries, les virus, les parasites et les champignons, on parle ainsi de la pollution bactérienne, viral ou parasitaire [61].

❖ Les protozoaires :

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries. La plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites, c'est-à-dire qu'ils se développent aux dépens de leur hôte [58].

4) Pollution bactérienne :

L'eau polluée peut contenir de très nombreuses colonies de bactéries pathogènes qui transmettent plusieurs types d'affection dites des maladies à transmission hydrique (MTH). La plupart de ces pathogènes sont d'origine fécale car ils sont plus connus et facile à rechercher et à dénombrer, et leur transmission dite oro-fécale. Parmi les germes teste de contamination fécale qui se trouvent d'une façon presque constante dans les matières fécales humaines et animales appartiennent aux espèces suivantes :

- Coliformes : coliformes totaux et coliformes fécaux (E-coli).
- Streptocoques du groupe dite streptocoques fécaux.
- Clostridium-sulfito- réducteurs [61].

I.III.5. Les sources de pollution :

Les trois principales sources de pollution sont :

I.III.5.1. Les rejets domestiques :

Dans le cas d'un assainissement collectif ou individuel défectueux, des substances indésirables contenues dans les eaux vannes et les eaux ménagères peuvent contaminer la nappe (matières organiques, détergentes, solvants, antibiotiques, micro-organismes...). Le

Chapitre III : pollution des eaux et impact sur la santé

cas se manifeste avec les puits perdus, l'assainissement individuel avec infiltration dans le sol mal conçu ou mal dimensionné, les stations d'épurations urbaines surchargées. Les ordures ménagères accumulées dans des décharges sauvages ou non mises à la norme libèrent également des lixiviats riches en polluants [50].

I.III.5.2. Les rejets agricoles :

Le régime et la qualité des eaux sont fortement influencés par les pratiques actuelles des cultures et de l'élevage. L'utilisation des engrais chimiques azotés et phosphorés, des produits phytosanitaires destinés à protéger les cultures, ces produits parfois toxiques lorsqu'ils sont utilisés en excès vont contaminer en période de pluie les eaux de surface et les eaux souterraines par infiltration [50].

I.III.5.3. Les rejets industriels :

Les activités industrielles rejettent principalement des métaux, des hydrocarbures, des acides, et augmentent la température de l'eau. En moyenne, de 2004 à 2009, le SOES (Service de l'Observation et des Statistiques du Ministère en charge du Développement Durable) en France, a montré que les secteurs de la métallurgie et de la chimie sont responsables des rejets de polluants dans l'eau les plus importants [50].

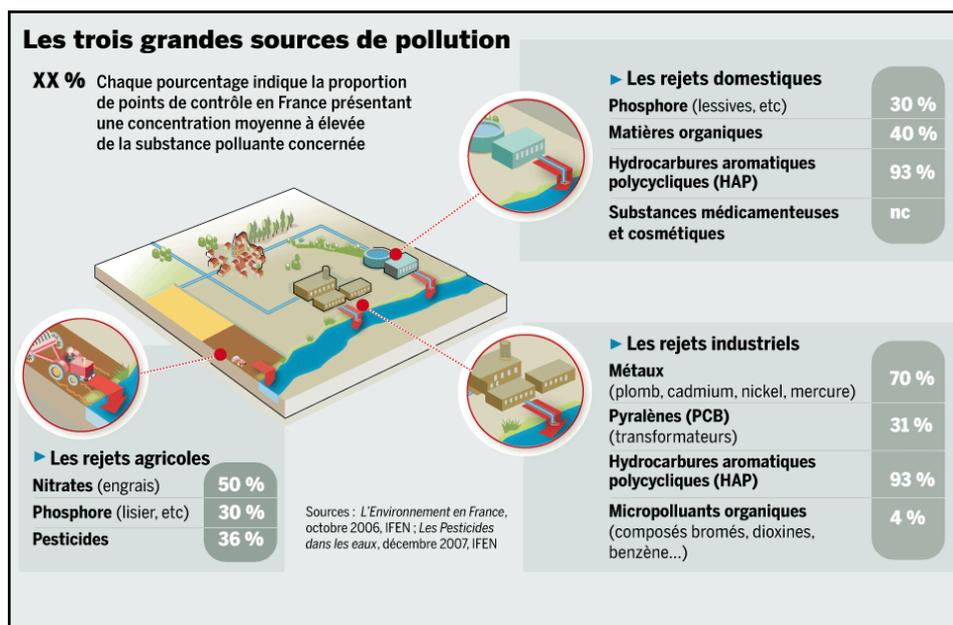


Figure I.III.1 : Les trois grandes sources de pollution [62].

Chapitre III : pollution des eaux et impact sur la santé

I.III.6. Impact de la pollution des eaux :

I.III.6.1. Impact de la pollution des eaux sur l'environnement :

L'incidence des rejets sur notre environnement peut s'apprécier au regard des élévations de températures, des modifications du pH, des consommations d'oxygène du milieu ainsi que des effets spécifiques inhérents à chaque polluant. Ceci conduit à la modification de l'équilibre des écosystèmes, on distingue [63]:

1) Diminution de la teneur en oxygène dissout :

La diminution du taux d'oxygène dissous accélère les mouvements respiratoires chez les poissons et favorise ainsi la pénétration des toxiques éventuellement présents dans l'eau. En outre, certains polluants perturbent gravement la respiration des poissons et peuvent provoquer aussi leurs morts [56].

2) Prolifération d'algues :

Ce phénomène est dû aux rejets excessifs de phosphate, d'azote, de carbone et d'autres éléments minéraux, liés aux activités humaines, dont les algues se nourrissent. On observe ce phénomène dans les milieux aquatiques dont les eaux sont peu renouvelées. Cette prolifération d'algues due à l'enrichissement des eaux en substances nutritives est responsable d'une diminution de la quantité d'oxygène indispensable à la survie des autres espèces, et menace par la même occasion leur existence [63].

3) Modification physique du milieu récepteur :

La modification physique se traduit par une augmentation de la température, coloration de l'eau...Etc. L'ensemble de ses éléments perturbateurs prévient au milieu naturel de deux façons différentes à savoir : les rejets dans les réseaux d'égouts et les rejets diffus (lessivage des sols) [63].

I.III.6.2. Impact de la pollution de l'eau sur la santé humaine:

Les maladies liées à la présence d'éléments pathogènes ou de molécules toxiques sont très répandues. Les parasitoses d'origine hydrique dominent très largement la pathologie des habitants du tiers monde :

- Paludisme (un million de décès par an, 100 à 150 millions de cas annuels dont 90% en Afrique, et 300 millions de porteurs de parasites) ;

Chapitre III : pollution des eaux et impact sur la santé

- Filaires (maladie due à un vers injecté par des moustiques sous les climats chauds et humides) ;
- Le choléra, du aux vibrions cholériques présent dans les eaux souillées ;
- L'hépatite A (due à un virus présent aussi dans les eaux polluées) ;
- Les dysenteries d'origines parasitaires, bactériennes et virales aux conséquences qui peuvent être très grave chez le jeune enfant ;
- Les métaux lourds comme le mercure, le plomb, le cadmium, le cuivre.....Etc. Présentent la particularité de se concentrer dans la chaîne biologique. Ils ne sont pas dégradables, leur présence est donc rémanente. Ils conduisent à des pathologies diverses en fonction de leurs natures, ces pathologies peuvent être très graves, voir mortelles [64].

I.III.6.3. Impact de la pollution de l'eau sur l'économie :

Il faut se rendre compte que dépolluer reste encore actuellement une activité couteuse. Personne ne peut nier l'absolue nécessité de prendre en compte notre environnement. Par exemple, en France comme dans les pays développés, la plupart des collectivités et les industries prennent en charge leurs rejets. En certaines périodes de l'année, la prolifération d'algues qui viennent s'échouer et pourrir sur les côtes de la Manche conduit à des nuisances qui perturbent fortement l'activité touristique de ces régions... Cette prolifération est attribuée aux rejets de polluants azotés et Phosphorés directs ou indirects. Le maintien de l'activité touristique implique l'élimination de ces nuisances. Ceci représente un coût et un manque à gagner important. Comme c'est souvent le cas, le secteur qui est à l'origine de la pollution n'est pas le secteur qui en subit les conséquences [64].

I.III.7. Les différents types de maladies hydriques :

L'eau contaminée par des excréments humains ou animaux sont à l'origine des maladies dites du : Maladies péril fécal, qui sont provoquées par des virus (Les hépatites virales, Poliomyélite, ...etc.) et les maladies bactériennes, elles sont le plus souvent d'origine bactérienne (Le choléra, la fièvre typhoïde et les dysenteries) et les maladies parasitaires, elles sont provoquées par les parasites (La bilharziose, L'oxyurose...etc.) [65].

I.III.7.1. Maladies d'origine bactérienne :

Les eaux peuvent transmettre un certain nombre de maladies d'origine bactérienne. Parmi ces maladies on peut citer [65]:

❖ Le choléra :

C'est une maladie infectieuse épidémique produite par une bactérie vibrion cholera, le vibrion cholérique, caractérisé par des selles très fréquente, des vomissements, un amaigrissement rapide, un abattement profond avec abaissement de la température et pouvant se terminer par la mort [65].

❖ Les fièvres typhoïdes, paratyphoïdes :

Ils sont des infections causées par des bactéries qui sont transmises lors de l'ingestion d'aliments ou d'eau contaminée par des selles, une eau propre est un bon assainissement permettent de prévenir la propagation de la typhoïde et de la paratyphoïde. L'eau contaminée est une des voies de transmission de la maladie [65].

❖ Les gastro-entérites (salmonella typhi, salmonella paratyphi A et B et E. coli) :

C'est une infection inflammatoire du système digestif pouvant entraîner de la nausée, des vomissements, des crampes abdominales, des flatulences et de la diarrhée, ainsi que de la déshydratation, de la fièvre et des céphalées [65].

✓ Escherichia coli :

C'est une bactérie saprophyte du tube digestif de l'homme et des animaux qu'elle envahit dès les premières heures de la vie. Elle se multiplie par milliards dans les matières fécales. Leur extrême abondance et leur résistance dans eau sont telles que ces bactéries ont été retenues comme germes-tests de contamination fécale des eaux. Bien que fort nombreuses, ces bactéries ne sont guère pathogènes:5 à 6 % des souches seulement chez l'enfant. Ce n'est que dans de très rares cas qu'elles passent dans le sang provoquant une septicémie ou des infections urinaires [66].

❖ Les Shigelloses ou dysenteries bacillaires (shigellaspp) :

Ils sont des Enterobacteriaceae pathogènes strictes, rencontrées exclusivement chez l'être humain. L'espèce shigella dysenteries est responsable de la dysenterie bacillaire ou shigellose. Les shigellas sont des bactéries très proches d'Escherichia coli [65].

I.III.7.2. Maladies d'origine virale :

A côté des maladies d'origine bactérienne, nous avons des maladies virales. On peut citer [65]:

❖ La poliomyélite (poliovirus) :

C'est une maladie très contagieuse provoquée par un virus qui envahit le système nerveux et peut entraîner une paralysie totale en quelques heures. Le virus se propage d'une personne à une autre principalement par la voie fécale- orale ou moins fréquemment par le biais d'un véhicule commun (eau ou aliments contaminés) [65].

❖ Les hépatites A (virus de l'hépatite A) :

C'est une maladie aiguë qui dure typiquement quelques semaines. Elle guérit spontanément la plupart du temps, sans laisser de séquelles. Elle n'évolue jamais vers une forme chronique [65].

❖ Les hépatites E (virus de l'hépatite E) :

Il se comporte comme le virus de l'hépatite A et peut provoquer le même type d'affection. L'évolution est en règle générale favorable, l'hépatite E peut rarement évoluer vers une forme chronique chez des patients immuno-supprimés [65].

I.III.7.3. Maladies d'origine parasitaire :

En plus des maladies d'origine bactérienne et virale, on a d'autres maladies d'origine hydrique dues à des parasites comme [65] :

❖ L'Ankylostome duodénale (Ankylostomiase) :

Ils sont des parasitoses intestinales provoquées par deux nématodes (petits vers ronds très voisins), qui entraînent par leur présence dans le duodéno-jéjunum de mammifères une seule et même maladie [65].

❖ Les Dracunculose médinoises (Dracunculose) :

C'est une maladie parasitaire causée par un nématode. Le vers parasite responsable de cette maladie est appelé médinoise. Le nom de dracunculose vient de latin « petit dragon »[65].

I.III.7.4. Maladies attribuées à l'eau d'origine chimique :

Certaines substances comme les métaux lourds ne sont pas éliminées par l'organisme. Elles s'y accumulent, et leur ingestion prolongée peut être de maladies graves, même si leur teneur dans l'eau est très faible. Ingérée en grande quantité, lors d'une pollution accidentelle, ces mêmes substances sont rapidement toxiques [66].

❖ Plomb :

Le plomb passe rapidement dans le sang et va perturber de nombreux mécanismes biochimiques, touchant principalement le système nerveux mais aussi d'autres fonctions, comme la reproduction. Les enfants exposés de manière prolongée à de faibles doses de plomb peuvent ainsi développer un saturnisme, une maladie caractérisée par divers troubles pouvant être irréversibles : ceux-ci concernent la croissance, le développement du système nerveux central, le développement intellectuel et le comportement. A plus fortes doses, le plomb peut même induire chez les adultes, et aussi bien chez les hommes que chez les femmes, des troubles de la reproduction, des insuffisances rénales, ou des encéphalopathies. Il peut également se fixer sur les os où il ne sera pas gênant tant qu'il ne sera pas renvoyé dans le sang ; or cela peut se produire en particulier chez les femmes enceintes entraînant une exposition du fœtus, et chez les personnes âgées -qui se retrouvent empoisonnées de manière brutale [66].

❖ Nitrate

Au-delà d'un certain seuil de concentration, les nitrates peuvent engendrer, chez les enfants et surtout les nourrissons très sensibles à une absorption trop importante, un empoisonnement du sang appelé une méthémoglobinémie ou encore maladie bleue. Les nitrates ne sont pas nocifs en soit pour la santé. Mais sous l'action d'une bactérie présente dans le corps humain, ils se transforment en nitrites : qui eux oxydent l'hémoglobine du sang qui ne peut plus enfin fixer l'oxygène et perturbe la respiration cellulaire. Même à faible concentration, ils peuvent également engendrer à long terme des cancers chez les

Chapitre III : pollution des eaux et impact sur la santé

adultes lorsqu'ils sont associés à certains pesticides avec lesquels ils forment des composés cancérigènes. Le risque demeure difficile à évaluer et les normes actuelles, qui fixent les seuils de concentration des nitrates à 50mg/l représentent une application raisonnable du principe de précaution [66].

Conclusion :

La question relative à la pollution de l'eau est capitale et la responsabilité de chacun à tous les niveaux est importante. L'eau, patrimoine commun fragile et limitée, dont la dégradation, en dépit d'une cinquantaine d'années de politiques de protection et de gestion reste une préoccupation dans tous les secteurs, exige maintenant la mobilisation de tous.

Références Bibliographiques

Références bibliographiques

Références:

- [1] : **Rougier.H, Wackemann.G**, « L'eau. Ressources et usage », Ellipses,France 2009.
- [2] : **TOUL.O, BOULENOUAR.L**, « Etude physico-chimique et bactériologique des eaux embouteillées de source algérienne », Master : Université Belhadj Bouchaib d'Ain-Temouchent, 2018.
- [4] : **Aouissi.L, Merabti.W**, « Eau: Étude Physico-chimique et Bactériologique Et Développement d'un Système de Traitement (membrane à Base de Charbon Actif)»,Master :Université 8 Mai 1945 Guelma, 2019.
- [6] : **Jestin. E**, « la production et le traitement des eaux destinées à l'alimentation et à la préparation de données alimentaires », Agence de l'eau Seine-Normandie, Direction de bocages Normands 1, rue de la pompe.
- [7] :**Beaudry.J, Henry.M**, « chimie des eaux », 2eme édition, Griffon d'Argile, Québec, 1992.
- [8] : **BENMOUSSA .H**, « Chimie des eaux », cours de Master 1 : Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed Boudiaf, 2017 / 2018.
- [9] : **BOEGLIN.J**, « Propriétés des eaux naturelles », 2001, G1 100.
- [12] : **Goudjil. B, Bencheikeh. S**, « Etude de la pollution minérale et organique des eaux souterraines de la cuvette de Ouargla, Sud – Est Algérien », Master: Université Kasdi Marbah, Ouargla, 2011.
- [13] : **Claus. B, Robert. P**, « Chimie de l'environnement : Air, eau, sols, déchets », 2^{ème} édition, De Boeck , Paris, 2001.
- [14] : **GAAMOUNE.S**, « le rôle des biofilms d'algues dans les traitements biologiques des eaux », Magister : université Farhat Abbas –Sétif ,2010.
- [16] : **MOUCHET.P, ROUSTAN.M**, « Caractéristiques et propriétés des eaux - Eau pure, eaux naturelles »,2011.
- [17] : **BAOUIA.K**, « Traitement des eaux », Cours : Université Kasdi Merbah-Ouargla, 2017/2018.

[18] : **AGUAGNIA K, OUNAISSIA W**, « Etude comparative de quelques sources minérales embouteillées en Algérie », Master : université 8 mai 1945 Guelma, 2013.

[20] : **BOUAMER L, HAMED M, GUETTACHE A**, « Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage DJORF- TORBA Bechar », Ingénieur d'état : Université de Bechar, 2012.

[21] : **SALGHI.R**,« chimie des eaux », COUR : Ecole nationales des sciences appliquée Agadir, 2017.

[22] : **Cardot. C**, « Les traitements de l'eau pour l'ingénieur Génie de l'environnement - Procédés physico-chimiques et biologiques - Cours et problèmes résolus », 2ème édition, France, 2010.

[23] : **KETTAB.A**, « Traitement des eaux. Les eaux potables », Office des Publications Universitaires. Alger, Algérie, 1992.

[24] : **Pomerol C, Renard M**, « Eléments de géologie », 11ème édition, Masson, 1997.

[25] : **OMS**, « Directives de qualité pour l'eau de boisson », 2ème édition, Organisation mondiale de la Santé, Genève, 2000.

[26] : **MOUCHET.P, ROUSTAN.M**, « Caractéristiques et propriétés des eaux - Eau pure, eaux naturelles »,T. I-Paris, France, 2011.

[27] : **LOUNNAS. A**, « Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station Hamadi-kroma de Skikda », Magister : université du 20 Août 1955 Skikda, 2008/2009.

[28] : **Desjardins. R**, « Le traitement des eaux », 2ème édition, presses internationales polytechnique, Montréal, 1997.

[29] : **CHARABI. M**, « Possibilités de réutilisation des eaux épurées et

valorisation des boues de la station d'épuration de BOUMERDES W. BOUMERDES », Master : Université de Boumerdes, 2016.

Références bibliographiques

[31] : **Chettah .Z**, « Contribution à la mise en place du système HACCP au sein de la chaîne de production de l'eau de source Mont Djurdjura », Master : Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou, 2017.

[32] : **HAMEL. L**, « Etude physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source « Sidi Bouyashak » destinée à la consommation humaine de la population de Tlemcen », Master : Université Aboubekr Belkaid Tlemcen.

[34] : **SANDJA TANGULIA.J**, « Contribution à l'étude de la qualité hygiénique de l'eau de boisson vendue en sachet dans les différents lieux publics de la ville de Kisangani : Cas de la commune de Mangobo », master : Université de Kisangani, 2012.

[35] : **DEGRÉMONT.T**, « Mémento technique de l'eau - Tome 1 », techniques et documentation, Paris, 1989.

[36] : **BOUAROURENE. M, SADI. M**, « Caractérisation et Valorisation de quatre Sources (Thimanithine, Ait Smail, Samta et El Ainseur) de la région de Toudja wilaya de Bejaia », Master : Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou, 2016.

[37] : **ADDADI. F, MEHIDI. L**, « Effet du bore sur la santé (cas du dessalement) », Master : Université Aboubakr Belkaïd de Tlemcen ,2018.

[39] : **BOUGHERBI. F, SABOUR. N**, « Recherche de quelques bactéries des maladies à transmissions hydrique au niveau de quelques sources d'eau de la wilaya de Bouira », Master : Université De Bouira, 2019.

[40] : **Rodier. J, Legube. B., Merlet. N**, « L'analyse de l'eau », 9ème édition, Dunod, Paris, 2009.

[42] : **CHELLI. L, DJOUHRI. N**, « Analyses des eaux de réseau de la ville de Béjaia et évaluation de leur pouvoir entartrant », Master : Université A. MIRA – Béjaia, 2013.

[43] : **RODIER. J**, « L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer », 8-ème édition, Dunod, Paris ,2005.

Références bibliographiques

[44] : **Bontoux. J**, « Introduction à l'étude des eaux douces: eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson », 2ème Édition, Cebedoc, Lyon, 1993.

[45] : **Cheval .A**, « La désinfection des eaux de consommation : étude technique de synthèse », Association française pour l'étude des eaux, Paris, 1982.

[47]: **BEN CHEHBA. H, BEN HENNOUR. N**, « Evaluation de qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de source dans les localités de Miliana (Ain défila) et Ain deheb(Tiaret) », Master : université Abdelhamid ben Badis-Mestaganeme, 2017.

[49] : **BOUNAB. B**, « Analyses physico-chimiques de l'eau de la wilaya de Guelma. Mise en évidence du caractère corrosif et entartrant des eaux de robinet », Master : université 08 mai 1945 Guelma, 2016.

[50] : **AYAD. W**, « Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région d'el-harrouch (wilaya de Skikda) », Thèse de Doctorat : Université Badji Mokhtar – Annaba, 2016/2017.

[51] : **GRAINI. L**, « Contrôle de la pollution de l'eau par méthode acousto-optique », Magister : Université Ferhat Abbas-Sétif, 2011.

[52] : **BASSOMPIERRE. C**, « Procédé à boues activées pour le traitement d'effluents papetiers : de la conception d'un pilote à la validation de modèles », Thèse de Doctorat : Institut National Polytechnique De Grenoble, 2007.

[53] : **LUNC. J, LAGRADETTE. M**, « L'eau potable et l'assainissement », Johanet, Paris, 2004.

[54] : **AIT ABDELAZIZ. F, BEN HAMLAT.F**, « Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de trois sources d'eau de trois communes 'Abi Youcef Yakourene- Bouzeguene' Wilaya de Tizi-Ouzou », Master : Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou , 2015/2016.

[55] : **Bouziani. M**, « l'eau de la pénurie l'eau de la pénurie aux maladies », Ibn - khaldoun, Oran, Algérie, 2000.

[56] : **Pesson. P**, « La Pollution des eaux continentales : Incidences sur les biocénoses aquatiques (Géobiologie, écologie, aménagement) », Gauthier-Villars, Paris, 1976.

Références bibliographiques

[57] : **GALAF. F, GHANNAM. S**, « Contribution à l'élaboration d'un manuel et d'un site web sur la pollution du milieu marin », ingénieur d'état : Université Hassan II Rabat, Royaume du MAROC, 2003.

[58] : **Zeghoud. M**, « Etude de système d'épuration des eaux usées urbaines par lagunage naturel de village de Méghibra », Master : Université D'EL–OUED, 2013/2014.

[59] : **Mayet. J**, « La pratique de l'eau, Traitements aux points d'utilisation », 2ème Edition, le Moniteur, Paris, 1994.

[60] : **Keck. G, Vernus. E**, « Déchets et risques pour la santé », Techniques de l'Ingénieur, Paris, 2000.

[61] : **BENNANA. M**, « Étude de la pollution de l'eau et du littoral du lac de Hassi ben Abdellah », Master : Université Kasdi Marbah Ouargla, 2012 /2013.

[63] : **Ben Mehraz. A, Louelh. D**, « Contribution à l'évaluation de la qualité des effluents industriels au niveau de l'Entreprise Nationale des Industries de l'Electroménager ' ENIEM ' », Master : Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2015/2016.

[64] : **Molitta. R**, « le traitement des déchets », Tec & Doc, Lavoisier,2009.

[65] : **LABBACI. K, GHARBI. C**, « les maladies à transmission hydrique en Algérie », Master : Université Badji Mokhtar – Annaba, 2017.

[66]: **Behailil.M, Hamlaoui. B, Laraisia. H**, «Qualité bactériologique et physico-chimique des eaux de sources de la région de Guelma », Master : Université de 08 Mai 1945 de Guelma, 2011.

Sites Web :

[3] :<http://www.eau-poitou-charentes.org/Qu-est-ce-qu-une-eau-pluviale,776.html>

[5] :http://uel.unisciel.fr/chimie/elements1/elements1_ch03/co/chapitre3_20.html

[10] :<http://doc.lerm.fr/proprietes-physiques-leau/>

[11] :<https://naturolistique.fr/la-resistivite-de-l-eau-et-la-conductivite-de-l-eau/>

[15] :<http://members.unine.ch/philippe.renard/hydrogen/node7.html>

Références bibliographiques

- [19] :<https://www.maxicours.com/se/cours/repartition-et-cycle-de-l-eau/>
- [30] :<http://eduterre.ens-lyon.fr/ressources/scenarioeau/pagesscenarioeau/eauxusees>
- [33] :<http://gr-ea.weebly.com/uploads/2/2/4/0/22402368/3-origine-et-captage-des-eaux.pdf>
- [38] :<https://eauyvelines.wordpress.com/les-caracteristiques-dune-eau-potable/>
- [41] :<https://sites.google.com/site/normesdequalitedeseauxpotable2/geographie-dalgerie>
- [46] : <https://experteau.com/services/analyse-bacteriologique.php>
- [48] :https://www.memoireonline.com/08/09/2463/m_Contribution--letude-des-parametres-physico-chimiques-et-bacteriologiques-de-lembouchure-de-15.html?fbclid=IwAR06qJnIROhVA78wSoP827OtlVUyDFdRAO3CUICWDsFf3sGyAC7TqgJWt0
- [62]:<http://stationdepurationdufutur.e-monsite.com/pages/la-pollution-de-l-eau/la-pollution-de-l-eau-et-ses-consequences.html>

Deuxième partie
Partie expérimentale
Résultats
&
Discussions

Motivation

L'intérêt et l'intensité des recherches consacrées à l'étude de l'eau, se justifient par le fait qu'il s'agit d'un élément fondamental du soutien de la vie humaine et de l'existence de la biosphère.

La dégradation de l'environnement et la pénurie d'eau salubre sont des obstacles majeurs au développement durable.

L'importance qu'on attache aujourd'hui à la protection des milieux naturels et à l'amélioration de la qualité des eaux ne cesse de croître.

Notre objectif principal dans ce travail est l'analyse de l'eau de la source dite "Toumia" située au village Sebaa-Ayoune, afin d'évaluer certains paramètres bactériologiques et physico-chimiques à savoir :la température, le pH, la conductivité, la turbidité, le résidu sec, les matières en suspension, la dureté, la salinité, le titre alcalimétrique, fer, chlorures ,nitrates , phosphates, sulfate, sodium, potassium....etc, et ce dans le but de d'établir un diagnostic de l'état de cette eau et ainsi pouvoir la consommer sans risque pour la santé.

Chapitre (I)

Présentation de la zone d'étude

II.I. Présentation de la région d'étude :

II.I.1. Description du site de la wilaya :

La wilaya de Guelma se situe au Nord-est du pays et constitue, du point de vue géographique, un point de rencontre, voire un carrefour entre les pôles industriels du Nord (Annaba et Skikda) et les centres d'échanges au Sud (Oum El Bouaghi et Tébessa). Elle occupe une position médiane entre le Nord du pays, les hauts plateaux et le Sud. La wilaya de Guelma s'étend sur une superficie de 3.686,84 Km². La wilaya de Guelma est limitrophe des wilayas de: Annaba, au Nord, El Taref, au Nord-est, Souk-Ahras, à l'Est, Oum El-Bouaghi, au Sud, Constantine, à l'Ouest, Skikda, au Nord-ouest, [1].



Figure II.I.1 : Carte de la position géographique de la wilaya de Guelma.

II.I.2. Commune Ain Sandal :

La commune d'Ain Sandal est située au sud-est de la wilaya de Guelma, elle est bordée au nord par la commune de Bouhachana, au sud par la daïra de Sedrata (wilaya de Souk-Ahras), à l'est par Hammam N'bail et à l'ouest par Ain Larbi (daïra d'Ain Makhoulouf, wilaya de Guelma). Cette commune montagneuse se caractérise par la diversité du terrain et la densité de la couverture végétale et le climat modéré. Cette région présente un aspect

Deuxième partie : présentation de la zone d'étude

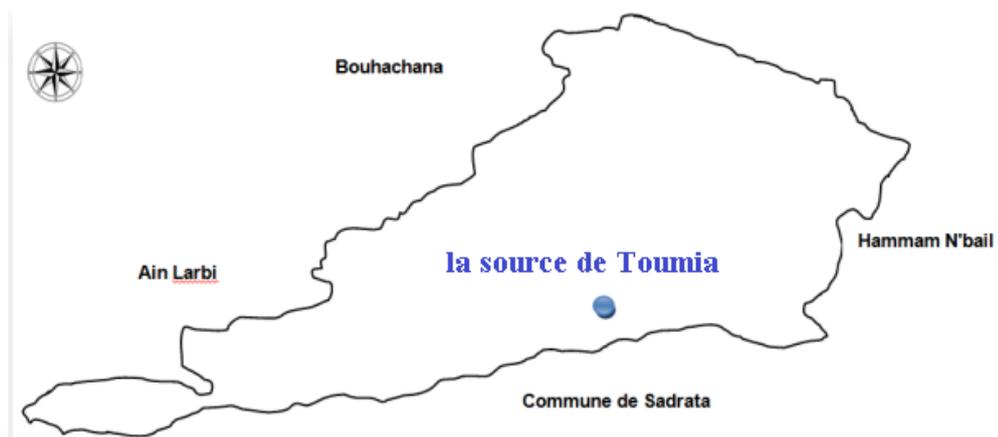


Figure II.I.3 : Dessin à main levée de la commune d'Ain Sandal et la position de la source Toumia.

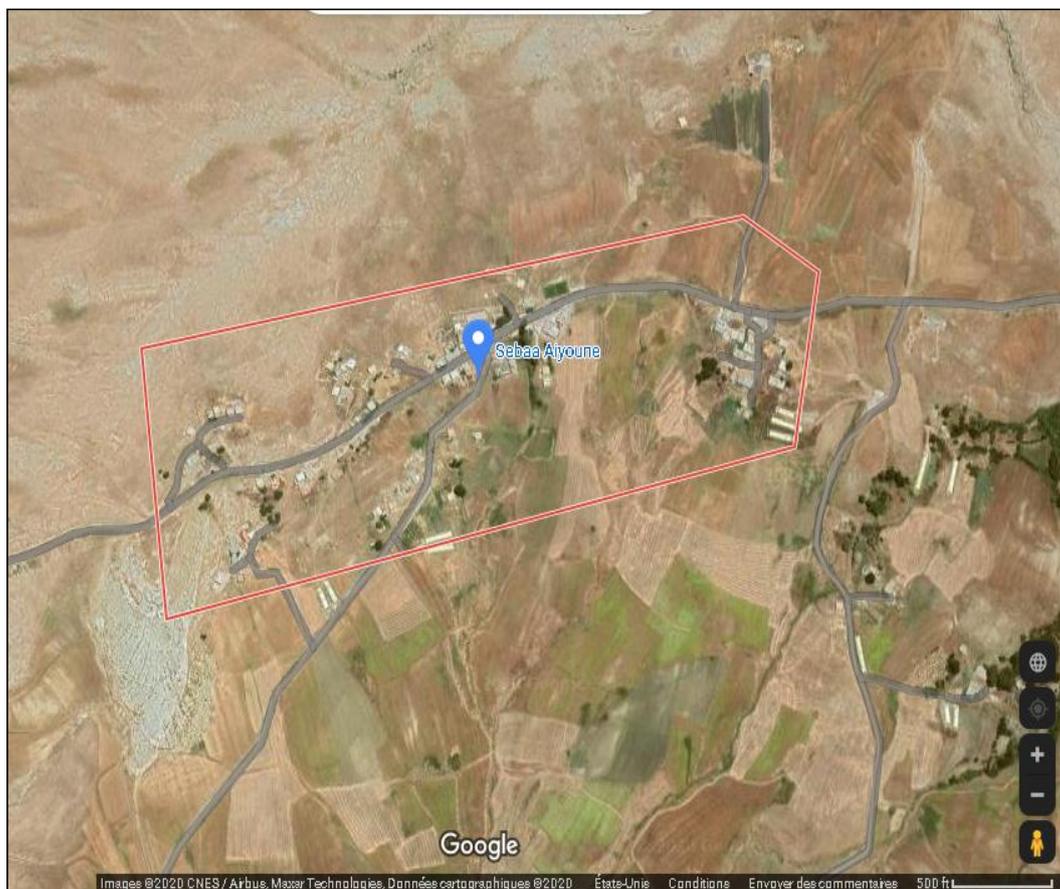


Figure II.I.4 : Photo prise par satellite (Google Earth2020) du village Sebaa Ayoun abritant la source Toumia.



Figure II.I.5 Village de Sebaa Ayoun au printemps.



Figure II.I.6. Village de Sebaa Ayoun en été (à gauche) et en période d'hivers (à droite).



Figure II.I.7 : Photos personnelles de la source Toumia.

Chapitre (II)

Matériels, Protocoles & Résultats d'analyse de l'eau de la source Toumia

II.II.1. Rappel : Normes de potabilité d'une eau :

Une eau est dite potable lorsque :

- ✓ Elle est incolore, inodore et sans faux goûts.
- ✓ Elle ne contient pas de germes parasites ou pathogènes.
- ✓ Elle contient, dans des limites définies, un certain nombre d'éléments minéraux dont la présence lui confère une saveur agréable et dont action bénéfique sur l'organisme humain est prouvée.
- ✓ Elle ne contient pas des éléments qui seraient des indices de pollution et d'éléments dont la toxicité est reconnue.
- ✓ Elle ne contient pas des substances la rendant inutilisable pour le ménage.
- ✓ Elle ne doit pas être agressive ou à effet entartant pour les canalisations [4].

II.II.2. Analyse de l'eau potable de la source « Toumia » :

II.II.2.1. Échantillonnage :

La qualité du rapport final rédigé par un laboratoire sera influencée par la qualité de l'échantillon prélevé et soumis à l'analyse. La distribution des micro-organismes et des éléments chimiques dans les eaux superficielles n'est pas homogène. Elle a été décrite comme étant aléatoire ou propagatrice [5].

II.II.2.1.1. Matériel d'échantillonnage :

Pour faciliter les prélèvements et éviter tout type de contamination, il est souhaitable d'utiliser des flacons en verre d'une contenance égale à 250ml. La verrerie destinée aux prélèvements d'eau doit être munis d'un nettoyage avec un détergent puis rincé avec l'eau propre (eau douce), puis un rinçage final avec l'eau distillée. La verrerie lavée est ensuite stérilisée soit :

- A la chaleur sèche (four Pasteur) à une température comprise entre 170 et 175°C, pendant au moins 1h.
- A la chaleur humide (autoclave) en le maintenant à une température de 121°C, pendant au moins 20'.

Deuxième partie : Matériel, protocoles et résultats

Les flacons d'échantillonnage ne doivent être ouverts qu'au moment du prélèvement de l'échantillon. Une fois l'échantillon est prélevé, les flacons doivent être fermés hermétiquement jusqu'au moment de l'analyse [6].

II.II.2.1.2. Mode de prélèvement :

L'échantillonnage n'est pas simplement une procédure de prélèvement d'une petite portion pour l'analyser ; Il vise à fournir une information sur les caractéristiques microbiennes et physico-chimiques de cette eau prélevée.

Le flacon peut être plongé dans l'eau. Le haut vers le bas sous la surface de l'eau et puis retourné de telle sorte à le remplir à la profondeur voulue (généralement 30cm). Le flacon ne doit pas être rempli entièrement. En effet, il convient de laisser un petit vide d'air, permettant un mélange correct en secouant le flacon [6].

II.II.2.1.3. Enregistrement et étiquetage des échantillons :

Il est essentiel que les échantillons soient clairement étiquetés immédiatement avant les prélèvements et que les étiquètes soient lisibles et indétachables. Dans ces derniers, on doit noter avec précision ; la date, l'heure, les conditions météorologiques, un numéro et toutes circonstances anormales [5].

II.II.2.1.4. Transport et conservation de l'échantillon avant l'analyse:

Pendant le transport, il faut éviter surtout la destruction de l'échantillon, ou, inversement la surcroissance de micro-organismes à l'intérieur de l'échantillon. Ceci peut être obtenu en mettant l'échantillon à l'abri de la lumière visible ainsi que dans des températures ambiantes. Habituellement, cette protection est obtenue grâce à l'utilisation d'une glacière contenant des poches de glace. On conserve généralement les échantillons à une température inférieure ou égale à +4°C [6].



Figure II.II.1 : photos réelles d'échantillons prélevés.

II.II.3. Choix des points de prélèvement :

Pour contribuer à l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de source de Sebaa Ayoune « Toumia » nous avons effectué un seul prélèvement à la fin du mois de février :

Tableau II.II.1: Période de prélèvement.

| Nom de la source d'eau | Date de prélèvement | Heure de prélèvement |
|--------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Source de Toumia « Sebaa Ayoune » | 26/02/2020 | 15:00 |

II.II.4. Types d'analyses :

II.II.4.1. Analyse organoleptique :

Les paramètres organoleptiques de l'eau doivent être appréciés au moment du prélèvement [7].

a) Test de la couleur :

La couleur a été évaluée par observation oculaire de plusieurs bouteilles et flacons remplis d'eau prélevée de la source [7]. La couleur apparente d'une eau c'est la couleur due aux substances dissoutes et aux matières en suspension [6].

❖ Résultats et discussion :

L'eau de la source Toumia est toujours limpide, ceci indique sûrement l'absence des ions métallique fer ferreux (Fe^{2+}) et fer ferrique (Fe^{3+}), qui sont les facteurs principaux du changement de la couleur d'eau, voire aussi les divers colloïdes[8].

b) Test de l'odeur et de la saveur :

L'odeur a été évaluée par simple sensation olfactive. La saveur est décelée par dégustation qui exige à rincer la bouche avec l'eau distillée avant chaque dégustation [7].

❖ **Résultats et discussion :**

L'eau étudiée a toujours été inodore, ce qui indique probablement l'absence de produits chimiques, de matières organiques en décomposition et de protozoaires.

- L'eau analysée de la source (Toumia) est claire et ne présente ni mauvaises odeurs ni mauvais goût. C'est pourquoi les populations locales pensent qu'elle est potable.

II.II.4.2. La température :

La température est mesurée à 25 °C à l'aide d'un thermomètre électronique [3].

❖ **Résultats et discussion :**

La mesure de la température est indispensable pour l'interprétation ou le traitement d'autres paramètres. En effet, la teneur des gaz dissous et la mesure du PH exigent obligatoirement la connaissance de la température [9-10].

- La température de notre eau étudiée est presque constante (13 et 14°C) malgré le changement de température de l'air selon le climat (16.8 et 28°C). Ceci montre que la zone de l'aquifère est assez profonde. Pratiquement la température de l'eau n'a pas d'incidence sur la santé humaine.

II.II.4.3. Analyse qualitative : Identification des ions présents dans l'eau analysée.

L'analyse qualitative est l'ensemble des méthodes d'analyse chimique qui permettent d'identifier les substances chimiques présentes dans un échantillon. Elle est en cela complémentaire de l'analyse quantitative où l'on cherche à déterminer la teneur (concentration) des différents composés recherchés.

Ce type d'analyse nécessite peu de moyens techniques, on peut aujourd'hui déceler des milliers de substances chimiques dans l'eau, même à des concentrations minimales, en ajoutant quelques gouttes d'un réactif spécifique de chaque ion à quelques millilitres de solution. Pour un même volume de réactif versé et un même volume de solution testée, l'observation sera d'autant prononcée que la quantité d'ions présente en solution est importante.

Tableau II.II.2 : Tests d'identification des ions présents dans l'eau analysée

| Mise en évidence de | Réactif utilisé | Observations | Nom de précipité | La formule chimique |
|---------------------|--|---|------------------------|----------------------------|
| Fe^{2+} | Solution diluée de KMnO_4 | Une franche décoloration. | | |
| SO_4^{2-} | Solution de BaCl_2 . | Une formation d'un précipité | Sulfate de baryum | BaSO_4 |
| Ca^{2+} | Solution de $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ | Une formation d'un précipité | L'oxalate de calcium | CaC_2O_4 |
| Cl^- | Solution de AgNO_3 | La formation d'un précipité | Chlorure d'argent | AgCl |
| NO_3^- | Cuivre métallique en solution acide (acide nitrique) | Dégagement de vapeurs rousses (NO_2) Bleuissement de la solution (Cu^{2+}) | | |
| Mg^{2+} | Solution d'hydroxyde de sodium | Précipité blanc | Hydroxyde de magnésium | $\text{Mg}(\text{OH})_2$ |
| Na^+ | Test de flamme | Flamme jaune orangé | | |
| PO_4^{3-} | Solution de nitrate d'argent | Précipité jaunâtre | Phosphate d'argent | $\text{Ag}_3(\text{PO}_4)$ |

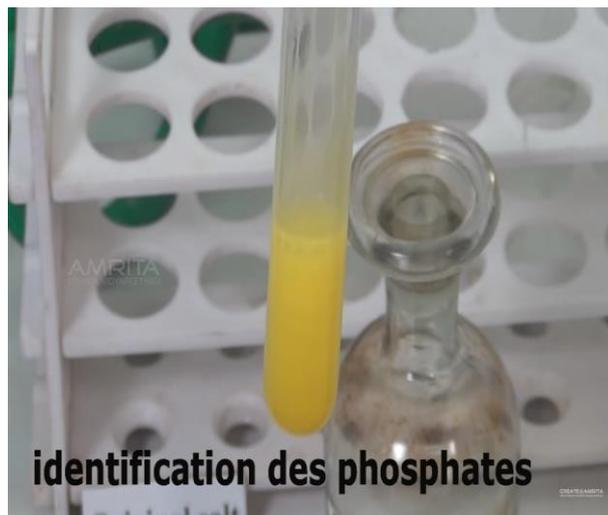


Figure II.II.2 : Photos réelles des tests d'identification de certains ions.

II.II.4.4. Détermination du résidu sec :

a) Mode opératoire :

- Tracer une capsule préalablement lavée, rincer à l'eau distillée et desséchée.
- Prélever 100ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée et déverser la dans la capsule.
- Porter cette dernière à l'étuve à 105°C pendant 24 heures.
- Laisser refroidir pendant ¼ d'heure au dessiccateur.
- Peser immédiatement et rapidement [11].



Figure II. II.3 : Détermination du résidu sec [12].

b) Expression des résultats :

Le calcul est effectué pour 1L :

$$\text{Résidu sec (mg/l)} = P \times 1000/V$$

Où :

P1 : poids du bécher vide en g

P2 : poids du bécher avec résidu sec après évaporation en g.

P : résidu sec = **P2-P1**

❖ **Résultats et discussion :**

La détermination du résidu sec permet d'estimer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau, pour des raisons de saveur. L'OMS recommande une valeur limite de 100 mg/l pour les eaux destinées à la consommation humaine. On remarque d'après le résultat trouvé qui est égale 290 mg/l est pratiquement constant pour notre prélèvement et inférieur aux normes algériennes (2000 mg/l), ce qu'explique la bonne acceptabilité pour la consommation.

II.II.4.5. Détermination des matières en suspension (MES) :

a) Principe :

La détermination de poids de la matière retenue par le filtre par pesée différentielle on filtre sur la flûne de verre.

b) Matériel :

Dispositif de filtration sous vide ou sous pression, disque filtrant en flûnes de verres.

c) Mode opératoire :

Laver et sécher le disque de filtration jusqu'à une masse constante puis le peser à 0.1 mg près après passage au dessiccateur.

Mettre en service le dispositif d'aspiration ou de pression, verser l'échantillon sur le filtre, rincer la fiole ayant contenu l'eau à analyser avec 10 ml d'eau distillée. Faire passer sur le filtre cette eau de lavage, laisser essorer.

❖ **Discussion :**

Les matières en suspension, qui comportent des matières organiques et minérales, forment un paramètre important qui marque bien le degré de pollution de l'eau [12]. Ce sont des matières qui ne sont ni colloïdales, ni solubilisées. La présence des matières en suspension, diminue la concentration en oxygène dissous, ce qui rend les activités des microorganismes faibles et par conséquent diminution du phénomène d'autoépuration [13].

II.II.4.6. Turbidité :

a) Principe :

La mesure de la turbidité est faite avec le turbidimètre, il consiste à mesurer la lumière transmise qui permet la détection de matières non dissoutes, absorbant mais diffusant mal, qui passeraient inaperçues par la seule mesure de la lumière diffusée [14].

b) Mode opératoire :

Remplir une cuvette de mesure propre et bien essuyer avec du papier hygiénique avec l'échantillon à analyser bien homogénéiser et effectuer rapidement la mesure, il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure [11].



Figure II. II.4 : Turbidimètre [12]

❖ Discussion :

La turbidité est l'un des paramètres de contrôles de la qualité des eaux. Elle traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques, ...etc).IL est important de connaître la teneur de la turbidité lorsqu'on envisage de traiter l'eau car elle facilite le développement des germes indicateurs de contamination, réduit l'efficacité des désinfectants et accroît la consommation de chlore tout en diminuant son efficacité [14].

- Le résultat obtenu qui est égale 1.1 N.U.T montre que notre eau est une eau claire selon la norme de la turbidité (5 N.U.T).

II.II.4.7. Analyses physico-chimiques :

1. Mesure des paramètres physiques :

Pour les analyses physico-chimiques, trois méthodes essentielles sont utilisées soient : la méthode électrochimique pour la mesure du pH et de la conductivité. La méthode volumétrique pour la mesure de TA, TAC, bicarbonate, magnésium, dureté totale, dureté calcique et les chlorures et enfin la méthode spectrophotométrique utilisée pour la mesure du fer. On peut dégager de ces paramètres une notion importante, celle de la minéralisation [8].

❖ Méthodes électrochimiques :

Ces méthodes sont utilisées pour la mesure de pH à l'aide d'un pH mètre et celle de la conductivité avec un conductimètre.

1) Mesure de pH :

a) Principe :

La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence (calomel-KCl saturé) plongeant dans une même solution, est une fonction linéaire du PH de celle-ci.

b) Appareillage :

- L'instrument de mesure est un pH-mètre de marque HANNA Instruments.
- Bécher contenant l'eau à analyser.
- Thermomètre.

c) Lecture :

- Etalonnage du pH mètre à l'aide des deux solutions à pH = 7,01 et pH= 4,01;
- Rinçage de l'électrode avec l'eau distillée ;
- Chauffage de l'échantillon au bain-marie à 25 °C ;
- Immersion de l'électrode dans l'échantillon d'eau ;
- Lecture après stabilisation de pH [3].

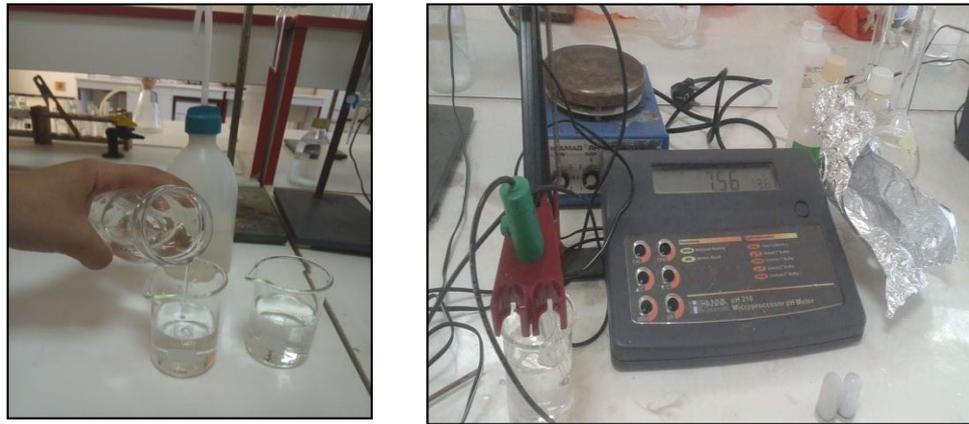


Figure II.II.5. : Montage pour la mesure de pH.

❖ **Résultats et discussion :**

Le potentiel d'hydrogène (pH) de l'eau est l'un des paramètres parmi les plus importants pour la qualité de l'eau [11]. Il mesure la concentration des protons H^+ contenus dans l'eau. Il résume la stabilité de l'équilibre établi entre les différentes formes de l'acide carbonique et il est lié au système tampon développé par les carbonates et les bicarbonates[15]

- Le pH obtenu pour notre eau étudiée de la source Toumia est de 7,8. ce qui donne à l'eau une nature carbonatée. Ceci est conforme aux normes Algériennes qui fixent des valeurs de pH entre 6.5 et 8.5 aussi.

2) Détermination de la conductivité :

a) Principe :

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm^2 de surface et séparées l'une de l'autre par 1cm, cet ensemble est appelé cellule conductimétrique.

b) Matériels :

- Conductimètre.
- Bécher de 50ml.

c) Mode opératoire :

-Placer la cellule au centre de la bouteille qui contient l'eau à analyser, dans le cas contraire, les parois de la bouteille peuvent perturber les lignes de courant et la précision de la mesure.

- Noter la valeur affichée sur le conductimètre en $\mu\text{S}/\text{cm}$ [8].

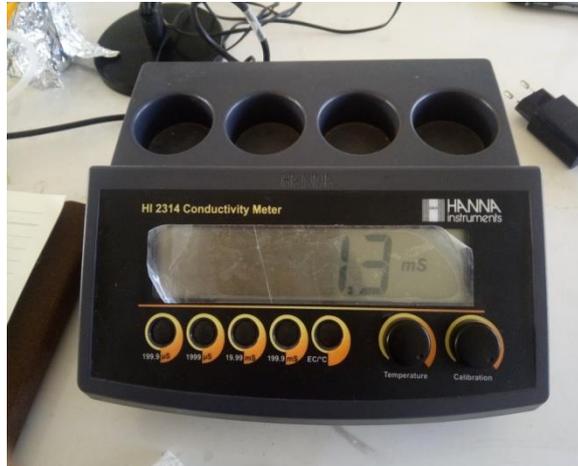


Figure II.II.6 : Le conductimètre utilisé dans notre analyse.

❖ Résultats et discussion :

La mesure de la conductivité constitue une bonne appréciation du degré de minéralisation d'une eau où chaque ion agit par sa concentration et sa conductivité spécifique[16].

- L'eau de Toumia présente une conductivité de $1300 \mu\text{S}/\text{cm}$ qui reste conforme à la norme algérienne indiquant une valeur limitée de $2880 \mu\text{S}/\text{cm}$. En revanche, L'OMS fixe une valeur limitée de conductivité de $2500 \mu\text{S}/\text{cm}$ pour les eaux souterraines à 20°C . Au-delà de cette valeur ces eaux sont considérées comme très minéralisées et sont impropres à la consommation humaine [11].

3) Détermination de solides(Sels) totaux dissous (TDS) :

La conductivité électrique déterminée précédemment, permet de mesurer également les solides totaux dissous ; en appliquant la règle suivante[17]:

$$\text{TDS} = \text{Conductivité} \times 0.64$$

❖ Résultats et discussion :

On appelle TDS ou minéralisation totale, la masse totale des minéraux dissous (anions et cation) et non dissous (la silice) exprimés en mg/l. Les teneurs en sels dissous de l'eau peuvent être mesurées et exprimées de différentes manières selon la période de prélèvement. D'une manière générale, les teneurs en sels dissous varient en fonction des saisons de la même manière que la conductivité électrique.

- La concentration en sels dissous mesuré est égale 832 mg/l. Elle est inférieure à la valeur limite 1000 mg/l (OMS en 2006).

4) Mesure de la salinité :

La salinité est déterminée par la règle suivante, après détermination de TDS[17].

$$\text{Salinité} = (\text{TDS})/1000$$

❖ Résultats et discussion :

La grandeur « salinité » représente la proportion de sels minéraux dissous dans l'eau qui sont le chlorure de sodium (NaCl), chlorure de magnésium (MgCl₂), etc. La mesure de la salinité est importante dans l'étude des eaux de profondeur. Cette grandeur est proportionnelle à la conductivité, sa variation suit la même allure.

- La salinité mesurée est 0,832 ‰, donc on constate que l'eau de Toumia est une eau purement douce.

5) Dosage de l'oxygène dissous :

a) Principe :

La méthode utilisée pour le dosage de l'oxygène dissous est électrochimique. La réduction de l'oxygène, au niveau d'une cathode convenable, engendre un courant proportionnel à la pression partielle d'oxygène dans la solution. L'appareil de mesure utilisée est l'oxymètre[18].

b) Mode opératoire :

On effectue le dosage directement en plongeant les électrodes dans l'eau à analyser. Comme toute méthode instrumentale, le résultat est étroitement lié au mode opératoire et il est nécessaire de se reporter à la notice d'utilisation de l'appareil utilisé. La mesure étant basée sur une réduction de l'oxygène qui traverse la membrane, il conviendra en particulier de procéder à une agitation douce et régulière pendant la mesure, pour éviter l'épuisement de l'oxygène au voisinage de la membrane qui conduirait à une mesure erronée. La concentration en oxygène dissous, à la température de mesure, est exprimée en mg.l^{-1} [11].

❖ Discussion :

La solubilité de l'oxygène dans l'eau est liée à plusieurs facteurs, en particulier la température, la pression atmosphérique et la salinité. L'oxygène dissous est aussi fonction de l'origine de l'eau. Les eaux superficielles peuvent en contenir des quantités relativement importantes proches de la saturation. Les eaux profondes n'en contiennent le plus souvent que quelques milligrammes par litre [11]. Etant l'un des plus importants indicateurs du degré de la pollution des eaux, l'oxygène dissous mesure la concentration du dioxygène dissous dans l'eau exprimée en mg.l^{-1} ou en pourcentage de saturation [18].

6) Mesure de la dureté ou titre hydrométrique (TH) :

a) Principe :

Les alcalinoterreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe du type chélate par le sel disodique de l'acide éthylène diamine tétra acétique (EDTA) à pH 10.

La disparition des dernières traces d'éléments libres à doser est décelée par le virage d'un indicateur spécifique, le noir ériochrome T, en milieu convenablement tamponné pour empêcher la précipitation du magnésium. La méthode permet de doser la somme des ions calcium et magnésium [8,11].

b) Matériels :

-Éprouvette de 100ml ;

-Erlenmeyer de 250ml ;

Deuxième partie : Matériel, protocoles et résultats

-Pipette de 2ml ;

-Burette de 50 ml.

c) Réactifs :

- Solution d'EDTA 0,001 M

- Indicateur coloré : Noir Eriochrome T (N.E.T)

- Solution tampon ammoniacal : (NH₄OH) (10,1).

d) Mode opératoire :

- Introduire 50 ml d'eau à analyser, dans un erlenmeyer (ou bécher) et ajouter environ 2 ml de tampon ammoniacal pH = 10.1.

-Ajouter quelques grains de N.E.T.

- Chauffer la solution pendant quelques minutes, puis doser à l'aide de la solution d'EDTA placée dans la burette en agitant jusqu'au virage de la solution de rouge foncé ou violet ou bleu.

-Ainsi, on note V_{EDTA} consommé jusqu'au point d'équivalence.



Figure II.II.7 : Dosage de la dureté de l'eau.

e) Expression des résultats :

La teneur globale en calcium et en magnésium $C_{(Ca+Mg)}$, est exprimée par l'équation suivante :

$$\mathbf{TH} = \frac{[\mathbf{EDTA}] \times \mathbf{Vs}}{\mathbf{Ve}}$$

1° TH (degré français) = 1×10^{-4} mol/l ($[\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}]$)

OÙ :

[EDTA] : la concentration d'EDTA ;

Vs : Volume de la chute de la burette ;

Ve : Volume de la pris d'essai (50ml).

❖ **Résultats et discussion :**

La dureté totale d'une eau est produite par les sels de calcium et de magnésium qu'elle contient. On distingue : une dureté carbonatée qui correspond à la teneur en carbonates et bicarbonates de Ca et Mg et une dureté non carbonatée produite par les autres sels. Elle résulte principalement du contact des eaux souterraines avec les formations rocheuses : le calcium dérive de l'attaque du CO₂ dissout par les roches calcaires ou de la dissolution sous forme de sulfate dans le gypse. La dureté d'une eau naturelle dépend de la structure géologique des sols traversés [19].

- La dureté totale de l'eau de la source « Toumia » est 24.8 °F. Elle répond aux normes indiquées par la réglementation Algérienne, C'est une eau moyennement dure.

7) Détermination de la dureté calcique (TH_{Ca²⁺}) :

a) Principe :

Pour déterminer la dureté calcique on utilise l'EDTA comme complexant. On précipite le magnésium sous forme de Mg(OH)₂, au préalable, pour obtenir un pH = 12, par addition

Deuxième partie : Matériel, protocoles et résultats

de la soude. L'indicateur coloré utilisé : le murexide, est sensible aux ions de calcium, uniquement [3].

b) Matériels :

- Éprouvette de 100 ml.
- Erlenmeyer de 250ml.
- Pipette de 2ml.
- Burette de 50ml.

c) Réactifs :

- Solution d'EDTA 0,001 mol/l.
- Solution de NaOH 2N.
- Murexide.

d) Mode opératoire :

Dans un bécher, introduire 50 ml d'eau à analyser, 2 ml de soude et quelques grains de murexide. Procéder au dosage par la solution d'EDTA placée dans la burette. L'indicateur coloré vire du rose au violet.



Figure II.II.8 : Dosage de Calcium.

e) Expression des résultats :

$$\text{Dureté calcique} = V_{\text{EDTA}} \times C_{\text{EDTA}} \times M_{\text{Ca}^{2+}} / \text{PE (mg/l)}$$

$$\text{Dureté calcique} = V_{\text{EDTA}} \times 8 \text{ (mg/l)}$$

Où :

V_{EDTA} : volume d'EDTA (volume équivalent)

C_{EDTA} : Concentration d'EDTA (0.01 N)

$M_{\text{Ca}^{2+}}$: Masse molaire du calcium = 40 g/mol

PE : Prise d'essai (0.05 L).

❖ Résultats et discussion :

L'élément calcium est un composant majeur de la dureté de l'eau. Il est généralement l'élément dominant des eaux potables. Sa teneur varie essentiellement suivant la nature de terrain traversé [18]. Les normes algériennes préconisent une concentration de 200 mg/l comme concentration maximale. Selon Rodier les eaux qui dépassent 200 mg.l⁻¹ de calcium, présentent des inconvénients pour les usages domestiques et pour l'alimentation [11].

- Pour notre cas, l'eau analysée présente une concentration en calcium égale à 68.1326 mg/l. Ce résultat est conforme aux normes Algériennes.

8) Détermination de la dureté magnésienne (TH_{Mg²⁺}) :

La dureté magnésienne est par définition la concentration en sel de magnésium. La différence entre la dureté totale et la dureté calcique nous donne directement la dureté magnésienne de l'eau analysée.

a) Expression des résultats :

$$(\text{TH}_{\text{Mg}^{2+}}) = \text{TH} - (\text{TH}_{\text{Ca}^{2+}}) \text{ (mg/l)}$$

❖ Résultats et discussion :

Le magnésium est un des éléments les plus répandus dans la nature, il donne un goût désagréable à l'eau. Selon Nouayti, la source du magnésium semble être liée au contact des eaux avec les roches calcaires et dolomitiques. Selon les normes algériennes de l'eau potable, le magnésium ne doit pas dépasser 150 mg/l [18].

- La valeur déterminée pour l'eau étudiée est 18.72 mg/L. Elle est bien inférieure à la valeur préconisée par la réglementation de notre pays.

9) Titre Alcalimétrique Simple TA :

a) Principe :

Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence de la phénolphthaléine comme indicateur coloré.

b) Matériels :

- Éprouvette de 100 ml;
- Erlenmeyer de 250ml ;
- Burette de 50 ml.

c) Réactifs :

- Indicateur de phénolphthaléine ;
- L'acide chlorhydrique, HCl (0.1N).

d) Mode opératoire :

- Introduire à l'aide d'une éprouvette, 100 ml d'échantillon dans un erlenmeyer de 250 ml ; Ajouter 03 gouttes de la solution d'indicateur de phénolphtaléine ;
- Si aucune coloration rose n'est obtenue, on considère l'alcalinité comme nulle ;
- Si une couleur rose apparaît, on titre avec l'acide chlorhydrique HCl (0.1N) jusqu'à la disparition de la couleur rose ;
- Noter le volume consommé de l'acide [8].



Figure II.II.9 : Détermination de TA.

e) Expression des résultats :

$$TA (^{\circ}f) = V_{TA} (ml)$$

❖ Résultats et discussion :

Le titre alcalimétrique TA de notre eau de source est nul, car le pH est inférieur à 8,3 caractérisant les eaux naturelles et potables. D'où l'absence des bases fortes (les alcalins libres).

10) Le titre alcalimétrique complet (TAC) :

a) Principe :

Cette détermination est basée sur la neutralisation du volume d'eau utilisée dans la détermination de TA par un acide minéral dilué, en présence du méthyle orange comme indicateur coloré.

b) Matériels :

- Éprouvette de 100ml ;
- Erlenmeyer de 250 ml. ;
- Burette de 50 ml.

c) Réactifs :

- Rouge de Méthyle ;
- Acide chlorhydrique, HCl (0,1N).

d) Mode opératoire :

- Ajouter 3 gouttes de solution d'indicateur de rouge de méthyle à la solution sur laquelle a été déterminée l'alcalinité titrable à pH=8,3 ;
- Titrer avec la solution d'acide chlorhydrique (0,1N) jusqu'à obtenir une couleur rose ;
- Noter le volume total d'acide chlorhydrique [8].



Figure II.II.10 : Détermination du TAC.

e) **Expression des résultats :**

$$\text{TAC } (^\circ\text{f}) = V_{\text{TAC}} (\text{ml}) - 0.5$$

0.5 : le volume nécessaire pour le virage de la couleur de l'indicateur.

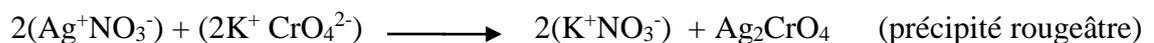
❖ **Résultats et discussion :**

Le titre alcalimétrique complète ou TAC correspond à la teneur de l'eau en alcalins libres, carbonates et hydrogénocarbonates. Le TAC de notre eau est 15.5 °F, La concentrations du TAC de notre eau est inférieure à la norme 50°F de l'OMS des eaux destinées à la consommation humaine.

11) Dosages des chlorures :

a) **Principe :**

Les ions chlorures réagissent avec les ions argent pour former un précipité blanc de chlorure d'argent. L'indicateur de réaction est le chromate de potassium (K_2CrO_4) qui donne avec les ions d'argent, en milieu neutre, un précipité rougeâtre (rouge brique) de chromate d'argent qui commence à apparaître lorsque les ions chlorures ont réagi [3].



b) **Réactifs**

-Solution de chromate de potassium 5 % ;

-Solution de nitrate d'argent 0,1 N.

c) **Mode opératoire :**

10 ml d'eau à analyser sont introduites dans un erlenmeyer + 50 ml d'eau distillée, on ajoute 02 à 03 gouttes d'une solution de chromate de potassium, on titre à l'aide d'une solution de nitrate d'argent (0,1 N) jusqu'à l'apparition d'une teinte rougeâtre (rouge brique).



Figure II.II.11: Dosage de chlorures.

d) Expression des résultats :

$$\text{Teneur en chlorures (Cl}^-) = V_{\text{AgNO}_3} \times N_{\text{AgNO}_3} \times (M_{\text{Cl}}/\text{PE})$$

Avec :

V_{AgNO_3} : Volume de la solution nitrate d'argent.

N_{AgNO_3} : Normalité de la solution nitrate d'argent (0,1 N).

M_{Cl} : Masse molaire du chlorure 35,5 g/mol

PE : Prise d'essai (volume en litre de l'échantillon = 0,010 L).

❖ Résultats et discussion :

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles. Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution [15]. Leur présence dans l'eau souterraine résulte de la dissolution des sels naturels, par la dissolution de la sylvite (KCl) et de l'halite (NaCl) [20].

Les valeurs enregistrées répondent aux normes algériennes (CMA:500 mg/l) et aux normes fixées par l'OMS (250 mg/l).

- Cette eau présente donc une teneur presque faible, elle est égale 106.5 mg/l en ions chlorure, ce qui indique qu'elle n'engendre pas de risque de corrosion au niveau des réservoirs et des canalisations et d'augmentation de la concentration de certains métaux dans cette dernière.

12) Détermination des bicarbonates :

La détermination des bicarbonates se fait selon la fiche technique du fournisseur [8].

a) Réactifs :

- Acide chlorhydrique 0,1N.
- Rouge de méthyle [8]

b) Mode opératoire :

Mettre 100 ml d'eau à analyser dans un Erlenmeyer de 250ml ;

- Ajouter quelques gouttes de rouge de méthyle ;
- Titrer avec l'acide chlorhydrique (0,1 N) jusqu'à obtention d'une couleur rose ;
- Noter le volume V de HCL titré [8].

c) Expression des Résultats :

$$\text{HCO}_3^- = \text{TAC } (^{\circ}f) \times \text{N} \times \text{M} (\text{HCO}_3^-) / \text{PE}$$

OÙ :

N : Normalité de l'acide versé (0.1 N)

M (HCO₃⁻) : Masse molaire de bicarbonate (HCO₃⁻) = 61 g/mol

PE : Prise d'essai (volume en L de l'échantillon nécessaire pour ce dosage= 0.1 L)

❖ Résultats et discussion :

La teneur des bicarbonates dans l'eau dépend des terrains traversés, qui sont riches en bicarbonates de calcium. Les normes algériennes ne fixent aucune valeur pour ce paramètre, puisque, quel que soit les teneurs en bicarbonate dans les eaux de consommation, la potabilité n'est pas affectée.

- L'eau de la source Toumia à une teneur élevée en bicarbonates 945.5mg/l par rapport aux ions considérés. Cette teneur confirme son origine bicarbonatée.

❖ **Méthode Spectrophotométrique :**

La spectrophotométrie est une méthode analytique quantitative qui consiste à mesurer l'absorbance ou la densité optique d'une substance chimique donnée, généralement en solution. La densité optique d'une solution est déterminée par spectrophotomètre préalablement étalonné sur la longueur d'onde d'adsorption de la substance à étudier. Tous les dosages qu'on va pratiquer, leur lecture se fait avec spectrophotomètre [8].

✓ **Spectroscopie UV-Vis (ultraviolet-visible) :**

○ **Principe de la spectroscopie UV-Visible :**

La spectroscopie UV Vis est un outil important pour les analyses qualitatives et quantitatives, Elle rend compte de l'interaction entre une onde électromagnétique et la matière. A l'échelle atomique, la matière n'étant pas continue mais constituée d'assemblage de particules élémentaires, l'énergie ne l'est pas non plus et ne peut prendre que des valeurs discrètes. Chaque substance absorbe des radiations bien déterminées selon sa structure. La détermination des longueurs d'onde des rayonnements électromagnétiques absorbés par un échantillon se fait grâce à l'utilisation d'un spectrophotomètre [21].

○ **Appareillage et Fonctionnement :**

L'appareil le plus utilisé est le spectrophotomètre double faisceau, dont le schéma de principe est présenté ci-dessous. Deux sources lumineuses sont tenues de balayer l'ensemble des radiations UV-Vis :

Une lampe de deutérium et une lampe de Tungstène éclaire toute la bande des UV- Vis et un monochromateur (gille ou prisme) change progressivement les petites bandes de rayonnement et l'envoie au séparateur de faisceau. Après cela, le séparateur de faisceau réalise une bande distincte à une cellule contenant la solution d'échantillon et une solution de référence Le détecteur mesure la différence entre la lumière transmise à travers l'échantillon (I) par rapport à la lumière incidente (I_0) et envoie cette information à l'enregistreur.

Deuxième partie : Matériel, protocoles et résultats

Dans notre étude, les mesures ont été effectuées sur spectrophotomètre UV 1800 Shimadzu, en utilisant des cuves en quartz de 1 centimètre de trajet optique. Toutes les mesures sont prises à 20-23 °C, la solution mère est diluée 5 fois pour la mesure [21].

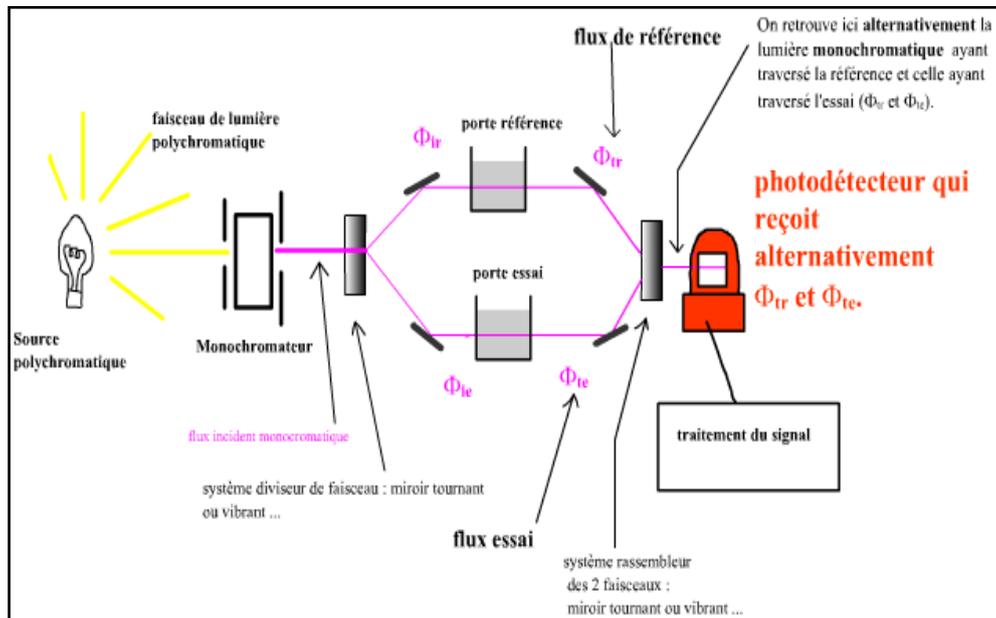


Figure II.II.12 : Représentations schématiques d'un spectrophotomètre de type double faisceau [19]

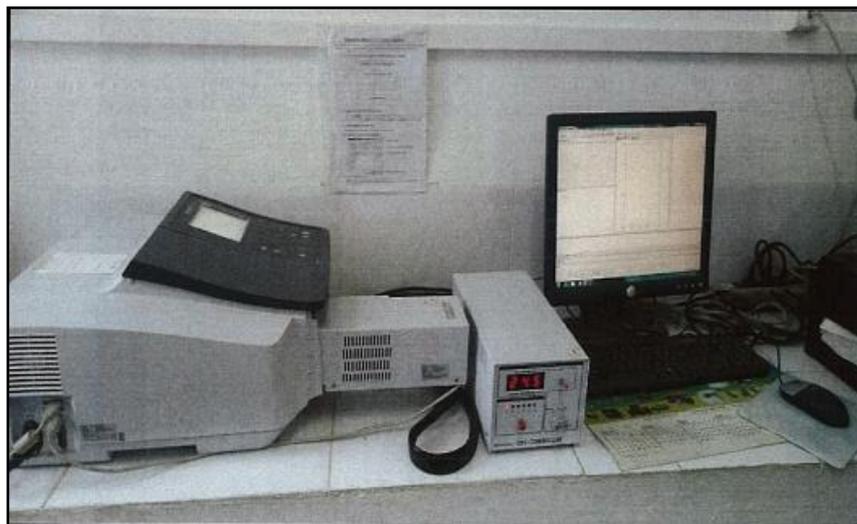


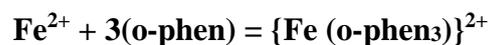
Figure II.II.13 : Photos du spectrophotomètre UV-Vis utilisé [21].

L'infiltration des nitrates, les sulfates, difficilement retenus dans le sol peuvent vite contaminer les eaux des nappes et rendre les eaux non potables (50 mg par litre est la limite tolérable).

13) Détermination de fer :

a) Principe :

L'ion Fe^{2+} (aqueux) donne avec l'orthophénanthroline un ion complexe de couleur rouge orangé contenant trois molécules d'orthophénanthroline par ion ferreux, de formule $\{\text{Fe}(\text{o-phen}_3)\}^{2+}$. Cet ion complexe est stable dans une zone de pH comprise entre 2 et 9. On le placera en pratique, dans une solution tampon acide (acétique/acétate) de pH = 4,75[22].



b) Réactifs :

- Sel de Mohr : $\text{FeSO}_4, (\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4, 6 \text{H}_2\text{O}$.
- La solution d'orthophénanthroline de concentration $10^{-2} \text{mol.l}^{-1}$ dans l'alcool.
- Solution tampon acétique/acétate à $0,1 \text{mol.l}^{-1}$.

c) Mode opératoire :

Après avoir corrigé la ligne de base, on « effectue le blanc » de telle manière que l'absorbance soit nulle (Faire le zéro avec de l'eau distillée).

- On règle le spectrophotomètre sur la longueur d'onde de travail, cette dernière (λ_{max}) correspondant au maximum d'absorbance de la solution de fer ferreux. On la repère en traçant avec le logiciel la courbe $A=f(\lambda)$, (On trouve $\lambda_{\text{max}} = 511 \text{ nm}$).
- On mesure l'absorbance (A) pour des solutions étalons (S_i) préparées à partir d'une solution mère de fer ferreux (sel de Mohr) de concentrations $C_0 = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{mol/L}$.



Figure II.II.14 : Préparation des solutions étalons (Si)

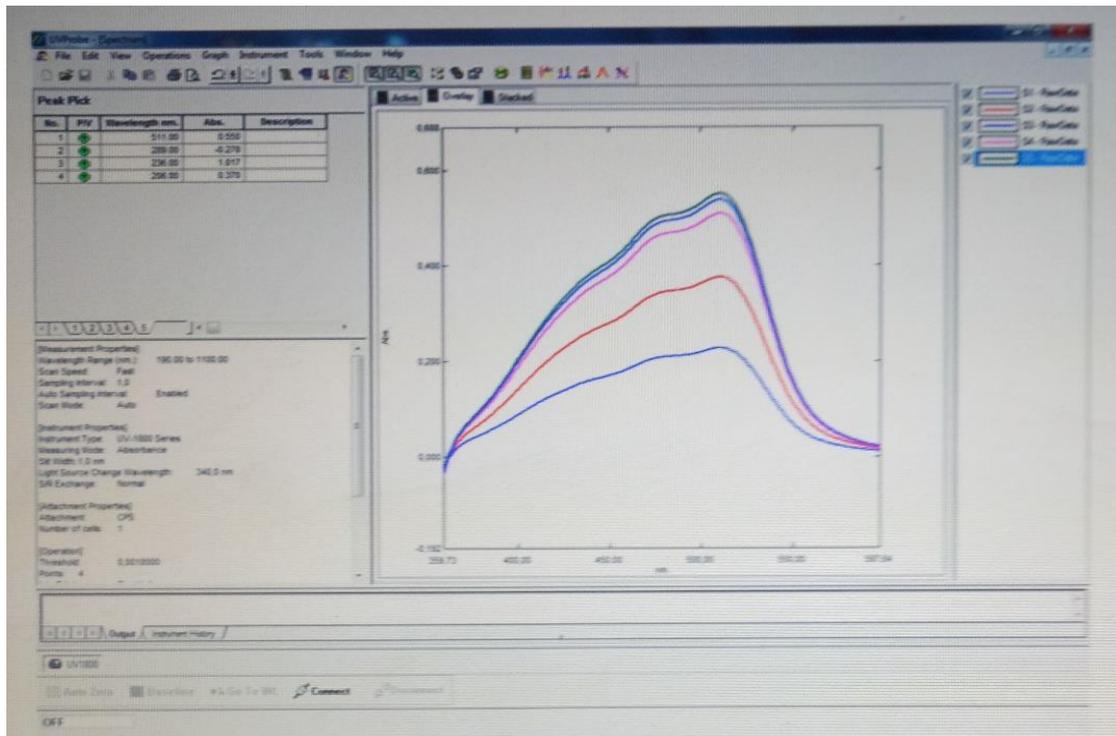


Figure II.II.15 : Tracé des courbes $A=f(\lambda)$ qui donne (λ_{\max}) d'absorption.

Deuxième partie : Matériel, protocoles et résultats

Les résultats des mesures sont regroupés dans le tableau suivant (Tableau II.II.3).

Tableau II.II.3: Résultats servant au traçage de la courbe d'étalonnage

| Solution (S _i) | S ₁ | S ₂ | S ₃ | S ₄ | S ₅ |
|----------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| Concentration (C) mol/L | 2.10 ⁻⁵ | 4. 10 ⁻⁵ | 6 .10 ⁻⁵ | 8.10 ⁻⁵ | 1.10 ⁻⁴ |
| Absorbance (A) | 0.229 | 0.377 | 0.509 | 0.537 | 0.550 |

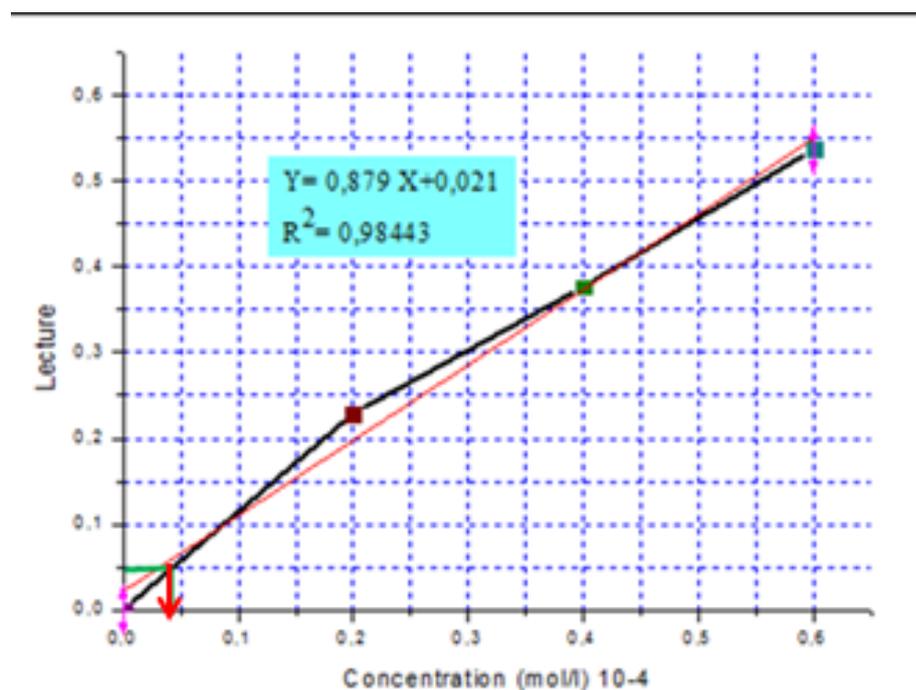


Figure II.II.16 : Courbe d'étalonnage pour le dosage de l'élément fer (Fe²⁺)

- On prend 25 cm³ de l'eau à analyser et on rajoute les réactifs comme pour la préparation des échantillons précédents. On mesure l'absorbance et on reporte la valeur trouvée sur la courbe d'étalonnage.

❖ **Résultats et discussion :**

Le fer est un élément essentiel à la santé de l'homme ; certaines eaux souterraines en contiennent une forte proportion. Le fer ferreux est soluble dans l'eau alors que le fer ferrique l'est très peu et tend à précipiter sous forme d'hydroxyde. Le fer contenu dans l'eau provient des roches et des sols mais aussi, bien souvent, des tuyauteries lors de l'échantillonnage ; ce qui peut fausser considérablement les résultats de l'analyse. Dans l'eau potable, la teneur maximale acceptable est de 0,3mg/l[22].

- Le fer est présent seulement dans notre source avec une teneur de 0,216 mg/l qui reste au-dessous de la norme, elle n'a par conséquent aucun effet néfaste sur la santé des consommateurs.

Tableau II.II.4 : Résultats de l'analyse de l'eau de la source Toumia

| Paramètres | Résultats | La norme Algérienne | La norme de l'OMS | Unités |
|-----------------------|------------------|----------------------------|--------------------------|---------------|
| pH | 7.8 | 6,5-8,5 | 6,5-9,5 | / |
| Température | 13.5 | 25 | 25 | C° |
| Dureté totale | 24.8 | 100-500 | 50 | °F |
| Calcium | 68.1326 | 75-200 | 100 | mg/l |
| Magnésium | 18.72 | 150 | 50 | mg/l |
| Conductivité | 1300 | 2800 | / | µs/cm |
| TDS | 832 | / | 1000 | mg/l |
| Salinité | 0.832‰ | / | / | ‰ |
| Résidu sec | 290 | 2000 | 100 | mg/l |
| Turbidité | 1.1 | 5 | / | N.U.T |
| TA | 0 | / | / | / |
| T_{AC} | 15.5 | / | / | °F |
| Bicarbonates | 945.5 | / | / | mg/l |
| Fer | 0.216 | 0.3 | 0.3 | mg/l |
| Chlorures | 106.5 | 200-500 | 250 | mg/l |

Conclusion

Les résultats d'analyses physico-chimiques obtenus pour l'eau de la source Toumia sont tous conformes aux normes algériennes. Ils montrent en première approximation que cette eau est bonne pour la consommation humaine.

Conclusion Générale

Conclusion générale

Conclusion générale :

La qualité des eaux dans le monde a connu ces dernières années une grande détérioration, à cause des rejets industriels non contrôlés, l'utilisation intensive des engrais chimiques et des pesticides dans l'agriculture, l'élevage d'animaux, ainsi que l'exploitation désordonnée des ressources en eau.

La protection et la conservation de la qualité des eaux, sont devenues une préoccupation majeure et un objectif principal dans les programmes de développement. Les eaux souterraines représentent une excellente source d'approvisionnement en eau potable.

Leur exploitation présente des avantages économiques appréciables, du fait qu'elles ne nécessitent que peu de traitements et parfois même aucun. Cependant, la qualité de l'eau des sources d'eau potable peut être affectée par de nombreux paramètres. Les intempéries (orages, fortes pluies, fonte des neiges, etc.) peuvent avoir des conséquences indirectes sur la source comme la fuite d'un réseau souterrain d'égout, les ruissellements sur des zones urbanisées ou industrielles, ou la remise en suspension de sédiments potentiellement contaminés. De plus, un déversement accidentel ou volontaire de produits toxiques fait également partie des sources de contamination potentielles. En effet, l'eau douce puisée nécessite de subir certaines analyses définies par des normes de potabilité. L'objectif de cette étude s'est fixé à l'analyse des paramètres physico-chimique d'eau de « Toumia » utilisée comme source d'eau d'approvisionnement en eau potable pour les populations rurales du village "Sebaa Ayoune" Commune Ain Sandel. Pour cela, nous avons utilisé des méthodes d'investigation très variées : volumétriques, Physicochimiques et spectrophotométriques.

Nous avons réalisé ainsi, un ensemble de mesures tel que la température, le pH, la conductivité, la turbidité, le résidu sec, les matières en suspension, la dureté totale, la salinité, TH, TA, TAC, bicarbonates, fer, chlorures, ... etc

Les résultats obtenus de l'analyse physico-chimiques ont montré que l'eau de la source Toumia est bonne conformément aux recommandations de l'OMS et elle respecte aussi les normes de potabilité en vigueur dans notre pays.

Conclusion générale

Il faut souligner que cette étude a été brusquement interrompue à la fin du mois de février à cause de la propagation de la pandémie de Covid-19 (coronavirus) ; Elle reste cependant incomplète et ne peut en aucun cas être considérée comme un bilan définitif pour l'évaluation de l'eau de cette source.

Par conséquent, les résultats décrits dans ce mémoire mériteraient d'être complétés par des analyses ultérieures complémentaires et d'une manière périodique.

Il nous semble donc intéressant de passer à l'analyse de certains autres produits pouvant être nocifs pour les consommateurs (nitrates nitrites, phosphate, sulfate, sodium, potassium, métaux lourds, pesticides...Etc.).

La recherche de certaines bactéries pathogènes telles que les coliformes totaux, les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux s'avèrent nécessaires et devrait être aussi envisagée dans nos perspectives.

Références Bibliographiques

Références bibliographiques

Références :

[2]: **Alia.S, Athamnia. W, Derdech. S,** « Évaluation de la qualité bactériologique et physicochimique des eaux de sources d'Ain Djemel et d'Ain Souda (Wilaya Guelma) », Master : Université 8 Mai 1945 Guelma ,2018.

[3] : **BOUNAB. B,** « Analyses physico-chimiques de l'eau de la wilaya de Guelma. Mise en évidence du caractère corrosif et entartrant des eaux de robinet », Master : université 08 mai 1945 Guelma, 2016.

[4] : **Kouadri.I,** « Analyses physico-chimique des eaux de différentes origines », Master : université 08 mai 1945 Guelma, 2013.

[5] : **Lightfoot. N,** « Analyses microbiologiques des aliments et de l'eau. Directives pour l'assurance qualité », O.B, Paris, 2002.

[6] : **MERZOUG. S,** « Etude de la qualité microbiologique et physicochimique de l'eau de l'écosystème lacustre Gara et Hadj-Taher (Benazzouz, wilaya de Skikda) », Magister : Université 08 Mai 1945 de Guelma, 2009.

[7] : **Sari. H,** « Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source «Attar » (Tlemcen) », Master : Université Abou-Bekr Belkaid, Tlemcen, 2014.

[8] : **ALLOU. S, MEDJKOUNE. L,** « Analyse physico-chimique et microbiologique de l'eau minérale naturelle embouteillée (IFRI) et sa comparaison avec l'eau de robinet alimenté par le barrage TICHIAFF », Master : Université Abderrahmane Mira-Bejaia, 2018/2019.

[9] : **AMINOT. A, CHAUSSEPIED. M,** « Manuel des analyses chimiques en milieu marin », Cnexo. Brest, France, 1983.

[10] : **BOUCHELAGHEM. S,** « Suivi de la qualité physicochimique et microbiologique de l'eau du lac TEMACINE (région de TOUGGOURT) », Article : Université d'EL-TARF, 2014.

[11] : **Rodier. J, Legube. B., Merlet. N,** « L'analyse de l'eau », 9ème édition, Dunod, Paris, 2009.[

Références bibliographiques

[12] : AYAD. W, « Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région d'el-harrouch (wilaya de Skikda) », Thèse de Doctorat : Université Badji Mokhtar – Annaba, 2016/2017.

[13] : HALIS. M, KHALFAOUI. C, « Contribution à l'étude de la qualité physicochimique des eaux de STEP 2 de Hassani Abdel Karim d'El-Oued », Master : Université Echahid Hamma Lakhdar -El OUED, 2017/2018.

[14] : BELOUAZANI. H, MERILI. S, « Origine et caractéristiques des eaux d'irrigation de la plaine de Djendel (barrage Ghrib) », Master : université Djilali Bounaama Khemis Miliana, 2015/2016.

[15]: ACHMIT. M, SBAI. G, AOUNITI. A, LOUKILI. M, « Etude de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux de barrage BAB LOUTA », Article : International Journal of Innovation and Applied Studies, 2017.

[16] : Kouakou Konan. S, Lucien Goue. D, Jeanne Ohou-Yao. M, Kouassi Innocent. K, Kouakou Kouassi. L, Bini Dongui. K, « Qualité chimique des eaux de consommation des populations de la ville de soubre (sud-ouest, cote d'ivoire) », Article : International Journal of Advanced Research (IJAR), 2018.

[17] : DERKI. H, LEBBIHI. R, « Etude de quelques paramètres physicochimiques et microbiologiques des eaux potables dans la région d'El-OUED », Master : Université Echahid Hamma Lakhdar D'el-Oued, 2017/2018.

[18] : BOUAROURENE. M, SADI. M, « Caractérisation et Valorisation de quatre Sources (Thimanithine, Ait Smail, Samta et El Ainseur) de la région de Toudja wilaya de Bejaia », Master : Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou, 2016.

[19] : SAOUD. I, « Contribution à l'étude hydrochimique de la nappe du Sénonien dans la région de Guerrara (Ghardaïa) », Master : Université Kasdi Merbah Ouargla, 2014.

[21] : AMARI. A, « Stabilisation de l'acide Thiocétique par la β -Cyclodextrine (Etude théorique et expérimentale) », Master : Université 8 Mai 1945 Guelma, 2018.

[22] : LOUNNAS. A, « Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station Hamadi-kroma de Skikda », Magister : université du 20 Août 1955 Skikda, 2008/2009.

Références bibliographiques

Site web :

[1] :<http://www.andi.dz/PDF/monographies/Guelma.pdf>

[22] :<http://sites.ensfea.fr/physique-chimie/wpcontent/uploads/sites/10/2016/10/dosage-des-ions-Fer-2-dans-un-vin.pdf>.

Annexes

Annexes

1. Préparation de certaines solutions usuelles :

• **Préparation de solution EDTA 0,001N**

- EDTA0,0376g
- Eau distillée..... 100 ml

• **Préparation de la solution Acide chlorhydrique à 0,1N**

- Acide chlorhydrique pure (HCL)..... 8 ml
- Eau distillée1000 ml

• **Préparation de solution N.E.T**

- Noir d'eriochrome T (N.E.T)..... 0,4 g
- Alcool éthylique100 ml

Conserver à l'abri de la lumière

• **Préparation de solution tampon à pH = 10**

- Chlorure d'ammonium..... 34 g
- Ammoniaque 285 g
- Tartrate double de K et Na 200 g
- Eau distillée..... ; 1000 ml

• **Préparation de solution de Nitrates d'argent à 0.1N**

- Nitrate d'argent (AgNO_3 séché).....0.8536 g
- Eau distillée 50 ml

Conserver à l'abri de la lumière

• **Chromate de potassium $\text{K}_2 \text{CrO}_4$ à 5%**

- Chromate de potassium $\text{K}_2 \text{CrO}_4$1.0393g
- Eau distillée 20ml

• **Préparation de solution d'hydroxyde de sodium NaOH à 2N**

- NaOH 4g
- Eau distillée.....50 ml

- **Préparation de solution tampon NH₄OH à pH = 10,1**
 - NH₄OH 57ml
 - NH₄Cl 6.75g
 - Eau distillée..... 100 ml
- **Préparation de fer ferreux étalon (sel de Mohr) 0.001N :**
 - FeSO₄, (NH₄)₂SO₄, 6H₂O0.098g
 - H₂SO₄concentré0.5ml
 - Eau distillée250 ml

2. Les normes bactériologiques de l'eau de consommation

Tableau 01 : Normes bactériologiques de l'eau de consommation (directive de l'OMS 2011)

| Paramètres | Unités | Normes |
|--|---------------|---------------|
| La flore mésophile totale | UFC | 100/ml |
| Les coliformes totaux | UFC | 10/100ml |
| Les coliformes fécaux | UFC | 0 UFC/100 |
| Les streptocoques fécaux | UFC | 0 |
| Les anaérobies sulfito-réducteurs | - | 0 |