

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Djilali Bounaama - Khemis Miliana



Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de la Technologie

Mémoire Pour l'obtention du diplôme de

Master

En

« Génie des procédés »

Option :

« Génie de l'Environnement »

**EVALUATION DE LA QUALITE DES EAUX NATURELLES
POTABLES DE QUELQUES POINTS D'EAU DANS LA
WILAYA DE AIN DEFLA**

Réalisé par :

LARACHICHE MARWA
TALBI SABRINA

Encadré par :

Encadreur 1: Mr. MEKHANEG
Encadreur 2: Mme. CHAABANE

Soutenues devant le jury composé de :

Mme RAHMANI
Mme OUADAH

Présidente du jury
Examinatrice

Année Universitaire 2015/2016



Je dédie ce modeste travail :

• A mon père qui ma encourager durant mes études, et son affection qui ma amener à finir mon projet.

• A ma mère pour ses sacrifices en témoignage de tout mon affection au long de mes études.

• A ma sœur marwa

• A mes chers frères et toute ma famille.

• A mes collègues, a tous les amis(es) de ma promotion (2016).

Sabrina



Je dédie ce modeste travail :

À ma chère maman, source de tendresse, noblesse et affection, pour ses sacrifices en témoignage de tout mon affection au long de mes études. Je t'aime Maman.

À mon père qui m'a encouragé durant mes études, et son affection qui m'a amené à finir mon projet.

À ma chère grande-mère

À mes sœurs Sawssen et Imène

À ma chère Sabrina

À Madame Aliche de nos avoir soutenue et encouragée, merci infiniment

Mes chères copines : Soumia, Ibtisseme, Malika, Souhila Amina, Khadija, Fatima el Zohra, Assia, Mazori, Amel.

Mes amis : Youcef merci infiniment, Billal, mon cousin Mohammed.

À mes collègues, à tous les amis(es) de ma promotion (2016).

MARWA



*L'*accomplissement du présent travail n'a été possible qu'avec le soutien d'**ALLAH** et de certaines personnes :

*N*ous tenons à exprimer nos sincères remerciements ainsi que notre grande reconnaissance à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet de fin d'études et leur exprimer notre gratitude pour l'intérêt et le soutien qu'ils nous ont généreusement accordé.

*N*os vifs remerciements s'adressent à nos encadreur : Monsieur Mekhaneg pour son aide inestimable durant toute la période du travail ainsi qu'à Madame Chaabane pour avoir dirigé notre projet de fin d'étude et pour la confiance, qu'elle nous a accordé,

*N*ous exprimons notre gratitude aux Professeurs : M^{me} Aliche d'avoir nous donner le courage et le soutien et pour leur aide bénéfique et leur conseil. Mr Sadek, Mr El Hadj, et malgré leurs occupations, nous ont bénéficié de leurs conseils.

*A*ux membres du jury qui ont daigné laisser leurs multiples occupations pour se donner la peine d'examiner ce travail, nous leur sommes infiniment reconnaissants. Leurs critiques et suggestions contribueront certainement à rehausser la valeur scientifique de ce travail.

*N*ous remercions également tous les personnes de l'Algérienne Des Eaux ADE surtout Mr « Benali Hamid » et tous les biologistes et les chimistes de laboratoire pour les informations précieuses qu'ils nous ont donné.

Sommaire

Introduction Générale	1
-----------------------------	---

Chapitre I : Généralité sur l'eau

I-1 Introduction.....	3
I-2 Définition de l'eau	3
I-3 Composition de l'eau.....	3
I-4 Etat de l'eau.....	4
I-5 Caractère physico-chimique de l'eau	5
I-6 Caractère biologiques de l'eau.....	9
I-7 Le cycle de l'eau.....	9
I-5-1-Compositions du cycle.....	10
I-8 Les ressources en eau.....	11
I-8-1 Types de ressources en eau.....	11
I-9 L'usage de l'eau	13
I-10 Cause de rareté de l'eau.....	14
I-11 Position de l'eau en Algérie.....	15
I-12 Conclusion.....	15

Chapitre II : Les eaux naturelles des sources

II-1 Introduction	16
II-2 Les sources.....	16
II-2-1Définition.....	16
II-2-2 Nature et localisation des sources.....	16
II-3 Les différents types de sources.....	16
II-4 Conditions d'émergence.....	17
II-5 Captages des sources	17
II-6 Débit et régime des sources.....	18
II-7 Nappe d'eau souterraines.....	
II-7-1 Différents types de nappes.....	18
II-8 Conclusion.....	20

Chapitre III : Qualité de l'eau potable

III-1 Introduction	21
III-2 Eau potable	21
III-3 Critères de potabilité.....	21
III-3-1- Les paramètres organoleptiques.....	22
III-3-2- Critères de potabilité physique et chimique.....	23
III-3-2-1- Les Paramètres physiques.....	23
III-3-2-2 les paramètres chimiques.....	26
III-3-3 Les paramètres microbiologiques.....	31
III-4- Les maladies d'origine hydriques.....	33
III-5 Conclusion.....	34

Chapitre IV : Matérielles et méthodes

IV-1 Introduction.....	35
IV-2 Situation géographique.....	35
VI-3 Méthodes d'acquisition des données.....	36
VI-3-1 Échantillonnage	37
VI-3-1-1 Échantillonnage pour l'analyse physico-chimique.....	37
VI-3-1-2 Échantillonnage pour l'analyse bactériologique.....	37
VI-3-2 Mesure in situ.....	37
VI-3-3 Conditionnement et transport des échantillons	37
VI-4 Travail de laboratoire.....	38
IV-4-1 Objectif.....	38
IV-4-2 Matériels	38
IV-4-3 Réactifs.....	39
VI-4-4-Milieus de cultures.....	39
IV-5 Les méthodes d'analyses.....	40

IV-5-1 Analyses Organoleptiques.....	40
IV-5-2 Analyse physico-chimiques	41
IV-5-3 Analyse bactériologiques.....	49
VI-7 Conclusion.....	51

Chapitre V : Résultats et discussion

V-1 Introduction	52
V-2 Les résultats obtenus.....	52
V-2- 1 Analyses organoleptiques	53
V-2-2 Analyse physico-chimiques.....	54
V-2-2-1 Paramètres physiques.....	54
V-2-2-2 Paramètres chimiques.....	55
V-2-2-3- Paramètres de pollution.....	56
V-2-3 Analyse bactériologique.....	56
V-3- Discussion générale.....	57
V-3-1- Etude de la potabilité des eaux.....	57
V-3- 1-1- Interprétation des résultats d'analyses des paramètre organoleptiques.....	57
V-3-1-2- Interprétation des résultats d'analyses des paramètres physiques.....	57
V-3-1- 3- Interprétation des résultats d'analyses des paramètres chimiques.....	60
V-3-1-4- Interpretation des resultats obtenus pour les paramètres microbiologiques... 	68
V-3-2- Etude hydrochimique	70
V-3-2-1- Classification de Schoeller.....	70
V-3-2-2- Classification de piper.....	72
Conclusion général	79

Les liste de tableaux

Tableau I-1 : Principales constantes physiques de l'eau pure	7
Tableau I-2 : les caractéristiques des eaux de surface et les eaux souterraines	13
Tableau III-3 : Classification des eaux d'après leur pH	24
Tableau III-4 : Relation entre la minéralisation et de la conductivité électrique	25
Tableau III-5 : Qualité de l'eau en fonction de la conductivité électrique	25
Tableau III-6 : Classes de turbidité usuelles	26
Tableau V-7 : Résultats des analyses organoleptiques	53
Tableau V-8 : Les Résultats des analyses physiques	54
Tableau V-9 : Les Résultats des analyses chimiques	55
Tableau V-10 : Les Résultats des analyses des pollutions	56
Tableau V-11 : Les Résultats des analyses bactériologiques	56

Les liste de figure

Figure I-1 : La géométrie de la molécule d'eau	4
FigureI-2 : Diagramme de phase de l'eau	4
Figure I-3 : Cycle de l'eau	10
Figure II-4 : Principes types de nappes	19
Figure IV-5 : Situation géographique de la Wilaya d'Ain Defla.....	36
Figure V-6 : Comparaison des résultats du pH obtenus avec les norme.....	57
Figure V-7 : Comparaison des résultats du Conductivité obtenus avec les normes	58
Figure V-8 : Comparaison des résultats du température obtenus avec les normes.....	59
Figure V-9 : Comparaison des résultats du $[Ca_2^+]$ obtenus avec les normes.....	60
Figure V-10 : Comparaison des résultats du $[Mg_2^+]$ obtenus avec les normes.....	61
Figure V-11 : Comparaison des résultats du dureté totale obtenus avec les normes.....	62
Figure V-12 : Comparaison des résultats du $[K^+]$ obtenus avec les normes.....	63
Figure V-13 : Comparaison des résultats du $[Na^+]$ obtenus avec les normes.....	64
Figure V-14 : Comparaison des résultats du $[SO_4^{-2}]$ obtenus avec les normes.....	65
Figure V-15 : Comparaison des résultats du $[Cl^-]$ obtenus avec les normes.....	66
Figure V-16 : Comparaison des résultats du $[NO_3^-]$ obtenus avec les normes.....	67
Figure V-17 : Comparaison des résultats du $[po_3^-]$ obtenus avec les normes.....	68
Figure V-18: Diagramme Schoeller pour les source 1, 2, 3, 4.....	71
Figure V-19: Diagramme Schoeller pour la source 5, 6, 7, 8.....	72
Figure V-20 : Diagramme de piper pour la source 1	73
Figure V-21 : Diagramme de piper pour la source 2.....	73
Figure V-22 : Diagramme de piper pour source 3.....	74
Figure V-23 : Diagramme de piper pour la source 4.....	75
Figure V-24 : Diagramme de piper pour la source 5.....	76
Figure V-25 : Diagramme de piper pour la source 6.....	76
Figure V-26: Diagramme de piper pour la source 7.....	77
Figure V-27 : Diagramme de piper pour l source 8.....	78

Liste d'abréviation

ADE : Algérienne des eaux

OMS : organisation mondiale de la santé

USA : Etats-Unis d'Amérique

pH : Potentiel Hydrogène

TH : Titre Hydrotimétrique

TA : Le titre alcalimétrique

TAC : Le titre alcalimétrique complet

CE : Conductivité électrique

EDTA : Ethylène Diamine Tétra-Acétique

MX : Murexide

NET : Noir Eriochrome

PCA : Plat Count Agar

N : Normalité

M : Molaire

UV : Ultraviolet

Nb : nombre de bactérie

µs : Micro-semence

°f : degrés français

NTU : néphélométrie turbidité Unit

NaOH : Hydroxyde de Sodium

NH₄OH : Hydroxyde d'Ammoniac

K₂C₇O₄ : Permanganate de Potassium

AgNO₃ : Nitrate d'Argent

Ba Cl₂ : Chlorure de Barium

HCl : Chlorure d'hydrogène

H₂SO₄ : Acide Sulfurique

ملخص

نوعية المياه تشكل مصدر قلق دائم للإنسان الذي كرس كل التشريعات وصادق على العديد من البروتوكولات والاتفاقيات الدولية لحمايتها والحفاظ عليها.

في هذا السياق تهدف دراستنا الى تقييم الجودة الفيزيو- كيميائية و المكر وبيولوجية لثمانية منابع مياه في عين الدفلى و المتمثلة في جندل (دريعات، عين الدم)، مليانة (الحمامة، عين مراد، تلوشبية) عين الدفلى (عين الكرمة)، خميس مليانة (تونال)، بومدفع (عين هودي)

ولقد استند تقييم نوعية هذه المياه على قياس درجة الحرارة، والناقلية الكهربائية وجرعات الكالسيوم و المغنيسيوم، والكلوريدات، الكبريتات النترات والنترت و الكشف و التعداد الكلي للبكتيريا ، بكتيريا القولون الكلية و البرازية ، العقديات البرازية .

وأظهرت نتائج قياس العوامل الفيزيائية والكيميائية لتحاليل المياه ان اغلبها توافق المعايير باستثناء النترات التي كانت نسبتها عالية في بعض المنابع، وان هذه المياه ذات جودة ميكروبيولوجية جيدة باستثناء بعض المنابع التي تكشف عن التلوث مما يؤثر على صحة المستهلك.

كلمات مفتاحية: ماء منبع، نوعية، فيزيو-كيميائية، ميكروبيولوجية.

Résumé

La qualité de l'eau est l'une des préoccupations permanentes de l'homme qui lui a consacré toute une législation et a ratifié de nombreux protocoles et conventions internationaux pour sa protection et sa préservation. Afin de se mettre dans de tel contexte, l'objectif de notre étude est d'évaluer la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de huit sources situées dans la Wilaya de Ain Defla : Djendel (Driaat, Ain El Dem), Miliana (Hammama, Ain Mred, Talouachiba), Ain El Defla(Ain el Karma), Khemis Miliana (Tunnel), Boumadfaa (Ain Hodi).

L'évaluation de la qualité de ces eaux s'est basée sur les mesures de la température, la conductivité électrique et sur les dosages du calcium et du magnésium, des chlorures, des sulfates, des nitrate et des nitrites ; et la recherche et le dénombrement des germes totaux, coliformes totaux et fécaux, streptocoques fécaux.

Les résultats obtenus ont montré que les valeurs des mesures des paramètres physico-chimiques des eaux analysées étaient toutes conformes aux normes sauf dans le cas de la teneur en nitrates qui s'est avérée anormale dans certaines sources, ainsi ces eaux sont de bonne qualité microbiologique à l'exception de certaines sources qui révèlent une contamination, qui pourrait par conséquent, porter atteinte à la santé du consommateur.

Mots clés : Eau de source, Qualité, Physico-chimique, Microbiologique.

Abstract

The water quality is a permanent concern of the man who has devoted an entire legislation and ratified many international conventions and protocols for its protection and preservation. To get in such context, the objective of our study is to evaluate the physicochemical quality and microbiological quality of eight water sources in the wilaya of Ain Defla: Djendel (Driaat , Ain El Dem) , Miliana (Hammama , Ain Mred , Talouachiba) , El Ain Defla (Ain el Karma) , Khemis Miliana (Tunnel) , Boumadfaa (Ain Hodi) .

The evaluation of the quality of these waters is based on measurements of temperature , electrical conductivity and the dosages of calcium and magnesium, calcium , chlorides, sulfates, nitrates and nitrites ; and the detection and enumeration of total bacteria , total and fecal coliforms, faecal streptococci.

The results showed that the values of the measures of physical-chemical parameters of the analyzed waters were all compliant with the exception of nitrate that has proven abnormal in some sources; these waters are of good microbiological quality with the exception of some sources that reveal contamination, which could therefore undermine consumer health.

Keywords: Water source, Quality, Physico-chemical, Microbiological.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction générale

L'eau, or bleu et source de vitalité, est l'un des enjeux majeurs du XXI^{ème} siècle [1]. Une eau saine est nécessaire à la vie, à l'hygiène et à la prévention des maladies d'origine hydrique. Elle constitue aussi le patrimoine d'une nation [2]. La disponibilité de l'eau est une composante essentielle au développement économique et social, et sa mobilisation constitue un casse tête pour tout décideur, homme politique ou simple usager[3].

La question de la qualité de l'eau au sein des programmes humanitaires se pose essentiellement en termes de consommation humaine et d'irrigation et la mauvaise qualité de l'eau peut être induite par des activités anthropiques ou par des phénomènes naturels. D'après l'organisation mondiale de la santé (OMS) la qualité d'une eau est définie par des paramètres physiques, chimiques et biologiques, mais aussi l'usage de cette eau[1]. L'évaluation de la qualité des eaux sources est une importance capitale pour planifier le bon développement de ces dernières. Les eaux de sources qui constituent des exutoires naturelles des eaux souterraines généralement localisées dans les montagnes représentent des eaux de bonnes qualités, souvent utilisées à des soins médicaux ; elles ont pendant longtemps, été considérés comme « eaux propres» répondant naturellement aux normes de potabilité mais néanmoins elles restent limiter et subissent divers pressions anthropiques tels que la surexploitation, les diverses sources de pollutions qui font d'elles des ressources vulnérables et nécessitent des suivies de leurs qualités et des protections[4].

Le thème que nous avons développé entre dans le cadre de la protection et la sécurité alimentaire, et notamment l'eau qui est le plus consommé par tous les êtres vivants.

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique ainsi que le processus de minéralisation des eaux des huit sources: Djendel (Driaat , Ain El Dem) et Ain el Defla (Ain El karma), Miliana (Hammama ,Ain Mred, Talaouchiba), khemis Miliana(Tunnel), Boumadfaa (Ain Hodi). situées dans la Wilaya de Ain Defla et qui constituent un moyen d'approvisionnement des populations riveraines.

La présente étude est structurée en quatre chapitres :

- ❖ Dans le premier chapitre, une revue bibliographique sur les propriétés de l'eau.
- ❖ Dans le deuxième chapitre, on a entamé à une étude théorique sur les sources d'eau naturelle.
- ❖ Le chapitre trois est consacré aux paramètres de qualité de l'eau potable.
- ❖ Le quatrième chapitre expose les matériels et méthodes utilisés dans la présente étude, pour évaluer la qualité physico chimique et bactériologique des eaux échantillonnées.
- ❖ Le cinquième chapitre est consacré aux différents résultats et leurs interprétations.

Enfin, une conclusion générale et des recommandations seront données.

CHAPITRE I

I-1- Introduction

L'eau est un élément constitutif fondamental de la vie [5]. C'est pourquoi elle mérite une attention toute particulière, dans la mesure où elle est très menacée par les activités humaines, quotidiennes notamment domestique, industrielles et agricoles ce qui la rend un élément récepteur exposé à tous les genres de pollution [6].

I-2- Définition de l'eau

Nom féminin du latin aqua, l'eau est un liquide incolore, inodore, insipide, liquide à la température ordinaire et composée d'hydrogène et d'oxygène (H_2O). Elle constitue un élément indispensable à la vie. Elle est le substrat fondamental des activités biologiques et le constituant le plus important des êtres vivants (70 % de leurs poids en moyen) [7].

I-3- Composition de l'eau

Dans sa phase gazeuse l'eau se compose des molécules libres H_2O dont l'angle H-O-H est de 105Å° [8]. La structure d'eau liquide est encore controversée, le collage d'hydrogène de type: H-O-H impose un degré élevé de structure [9]. La molécule d'eau est constituée d'un édifice électronique stable, qualitativement semblable au néon.

En effet, à cause de l'électronégativité marquée de l'oxygène, et de sa tendance à accaparer les deux électrons d'hydrogène, il s'ensuit une déformation de la structure à l'origine des caractéristiques géométriques essentielles de la molécule d'eau [10].

D'après le biophysicien Waterson l'eau pure présenterai une structure hautement dynamique (la liaison d'une molécule d'eau facilite la fixation de la molécule d'eau suivante et ainsi de suite). Elles créent des réseaux des molécules tridimensionnels constituant des cubes de 1300 à 1400 molécules d'eau appelés cluster [11].

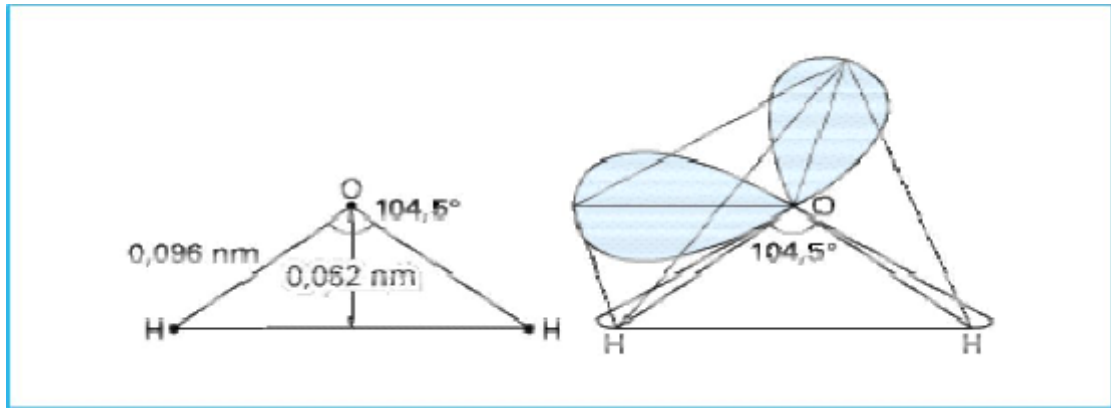


Figure I-1 : La géométrie de la molécule d'eau [11].

I-4- Etat de l'eau

L'eau une substance qui existe abondamment en phase solide, liquide et gazeuse sur la surface terrestre et dans l'atmosphère [12].

- ❖ Solide : neige et glace.
- ❖ Liquide : eau chimiquement pure ou chargée en solutés.
- ❖ Gazeux : à différents degrés de pression et de saturation [13].

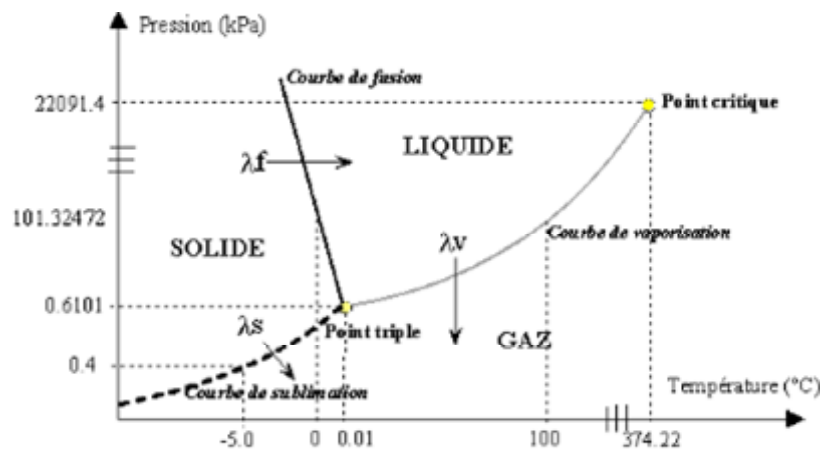


Figure I-2: Diagramme de phase de l'eau [14]

Le changement de phase de l'eau dépend essentiellement de la température et de la pression mais aussi du degré de pollution de l'atmosphère. La figure I-2 donne les différentes conditions de pression et de température pour les trois états de l'eau, ainsi que les transformations de phase [13].

I-5- Caractères physico-chimiques de l'eau

La connaissance de propriétés physico-chimique fondamentales de l'eau est très importante pour la bonne compréhension de son comportement et de sa fonction dans la nature [15].

I-5-1- Température d'ébullition :

Anormalement élevée, si on la compare avec celle de composés de masse moléculaire du même ordre, possédant plusieurs atomes d'hydrogène [10].

I-5-2- Masse volumique

La masse volumique de la glace est plus faible que celle de l'eau. En effet, la densité maximale de l'eau est obtenue pour une température de 3,984 C° [16].

Cela explique le phénomène de la glace flottante sur l'eau, la contraction de l'eau au-dessous de la glace engendre un fait d'une énorme importance biologique pour tous les organismes aquatiques [8].

I-5-3- Viscosité

Elle diminue lorsque la température croît ; par contre, elle augmente avec la teneur en sels dissous [17].

I-5-4- Tension superficielle

La tension superficielle est un phénomène qui se manifeste à l'interface entre liquide et gaz, le liquide se comporte comme s'il était couvert d'une membrane sous une tension constante qui tendrait à réduire la surface [15].

I-5-5- Permittivité relative ϵ

Elle est particulièrement élevée $\epsilon = 80$ (à 20C°) par rapport à d'autres liquides, c'est ce qui explique le pouvoir ionisant très important de l'eau [10].

I-5-6- Conductivité électrique de l'eau

L'eau est légèrement conductrice la conductivité de l'eau la plus pure que l'on ait obtenue est de 4,2 micro siemens/mètre à 20C°, elle varie selon les sels dissouts et la température [10].

I-5-7- La couleur

L'eau se présente comme un liquide clair, incolore sous faible épaisseur, bleu verdâtre sous forte épaisseur et inodore [16].

I-5-8- pH

Le pH est une mesure de l'acidité de l'eau c'est-à-dire de la concentration en ions d'hydrogène (H^+).

Le pH d'une eau naturelle peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Dans le domaine de l'eau, le pH joue un rôle primordial à la fois dans :

- ✓ Les propriétés physico-chimiques (acidité, agressivité).
- ✓ Les processus biologiques dont certains exigent des limites très étroites de pH.
- ✓ L'efficacité et les mécanismes de certains traitements (coagulation, adoucissement, contrôle de la corrosion, chloration) [18].

Les autres valeurs constantes physiques de l'eau sont rassemblées dans le tableau I-1 :

▪ **Tableau I-1** : Principales constantes physiques de l'eau pure [10]

Eau liquide	
Température d'ébullition sous 760 mmHg (101 325,02 Pa)	100 °C
Capacité thermique massique à 15 °C	$4,186\ 8\ \text{J} \cdot \text{g}^{-1}$
Enthalpie de vaporisation à 100 °C	$2\ 252,5\ \text{J} \cdot \text{g}^{-1}$
Conductivité thermique à 20 °C	$5,98\ \text{mW} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Résistivité à 20 °C	$23,8\ \text{M}\Omega \cdot \text{cm}$
Indice de réfraction pour la raie D à 10 °C	1,333 00
Masse volumique à 4 °C	$1\ \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ (par définition)
Eau solide	
Température de fusion	0 °C (par définition)
Capacité thermique massique	$2,093\ 4\ \text{J} \cdot \text{g}^{-1}$
Enthalpie de fusion sous 760 mmHg (101 325,02 Pa)	$333,27\ \text{J} \cdot \text{g}^{-1}$
Tension de vapeur à 0 °C	877,128 Pa
Permittivité relative	3,26
Indice de réfraction pour la raie D	1,309 07
Densité (par rapport à l'eau à 4 °C)	$0,916\ 49 \pm 0,000\ 7$
Eau vapeur	
Conductivité thermique à 100 °C	$0,231\ \text{mW} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Densité par rapport à l'air	0,623 37
Indice de réfraction pour la raie D à 100 °C	1,002 59

I-5-9- L'auto-ionisation de l'eau

Elle est un équilibre entre toutes les grandes fonctions chimiques de la nature : acide – base, oxydation – réduction [11].

L'eau liquide pure est très faiblement dissociée en H_3O^+ et OH^- par l'auto ionisation ; par conséquence tous les composés qui augmentent la concentration des ions positives H_3O^+ sont acides et les composés augmentant la concentration des ions négatifs OH^- sont basiques [8]. De ce fait l'eau porte en elle la fameuse notion du pH (grandeur sans unité) par la relation :

$$\text{pH} = - \log [\text{H}_3\text{O}^+_{\text{aq}}] \quad (1)$$

Ou, ce qui est équivalent par la relation :

$$[\text{H}_3\text{O}^+_{\text{aq}}] = 10^{-\text{pH}} \quad (2)$$

I-5-10- La solvation

L'eau est, par ses propriétés électriques et sa constitution moléculaire, particulièrement apte à la mise en solution de nombreux corps gazeux, liquides polaires, et surtout solides [9]. En effet à cause de sa structure angulaire, la molécule d'eau a un moment dipolaire permanent, en outre l'hydrogène est fortement collé et possède une haute constante diélectrique. Ces propriétés combinées rendent l'eau un solvant puissant pour les composés polaires et ioniques [9].

La solvation (l'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 de nouvelles structures : il se produit une véritable réaction chimique [10].

L'eau s'organise autour des substances en trois couches :

- l'eau liée se fixe solidement sur le soluté
- l'eau structurée engendrée par la précédente s'organise en seconde couche : c'est l'image énergétique du soluté.

- l'eau libre a l'extérieur des deux couches précédentes [11].

I-5-11- Propriétés oxydo-réductrices

L'eau constitue un système d'oxydoréduction particulièrement important à considérer puisque son domaine de stabilité sera limité par ses réactions d'oxydation et de réduction [17]. Le pôle positif représente un déficit en électron, c'est un agent oxydant. Le pôle négatif est caractérisé par un excès d'électron c'est un agent réducteur qui pourra céder des électrons [11].

I-6- 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 [19]. Il existe un cycle biologique, cycle au cours duquel s'effectue une série d'échange. L'eau entre pour une grande part dans la constitution des êtres vivants. Pour l'être humain, on cite les pourcentages suivants :

- Nouveau-né66 à 74%
- Adulte58 à 67%

I-7- Le cycle de l'eau

On appelle la circulation naturelle d'eau sur la planète le cycle hydrologique [20]. L'eau est évaporée par le soleil, incorporée aux nuages comme vapeur d'eau, tombe sur la terre et sur les étendues d'eaux sous forme de pluie, à partir de la terre elle retourne de nouveau aux ressources d'eaux dans le cycle hydrologique [20].

Tout d'abord, cette notion de cycle est une notion dynamique, elle implique un mouvement et des échanges entre différents réservoirs, de plus son essence cyclique nous ne permet pas de définir son commencement ni sa fin [16]. Six composants principaux du cycle hydrologique : les précipitations, l'infiltration, l'évaporation, les eaux de surface, la transpiration et écoulement des eaux souterraines [20].

L'évaporation à la surface et la transpiration des végétaux ont un rôle majeur dans le cycle de l'eau ; ces deux phénomènes sont pris en compte dans le seul terme d'évapotranspiration [15].

L'eau qui arrive à la surface d'un sol se trouve à la pression atmosphérique, cette eau tend toujours à s'infiltrer sous l'effet de la gravitation dans le cas d'un sol saturé ou par effet du gradient de potentiel matriciel pour un sol non saturé [21]. L'eau pénètre dans le sol et pousse l'eau déjà présente. Il se forme alors un front d'infiltration qui progresse au fil du temps. Le flux infiltré est limité par la filtrabilité du milieu qui dépend de la conductivité hydraulique du milieu et de son état hydrique. [15]

Le Petit Larousse

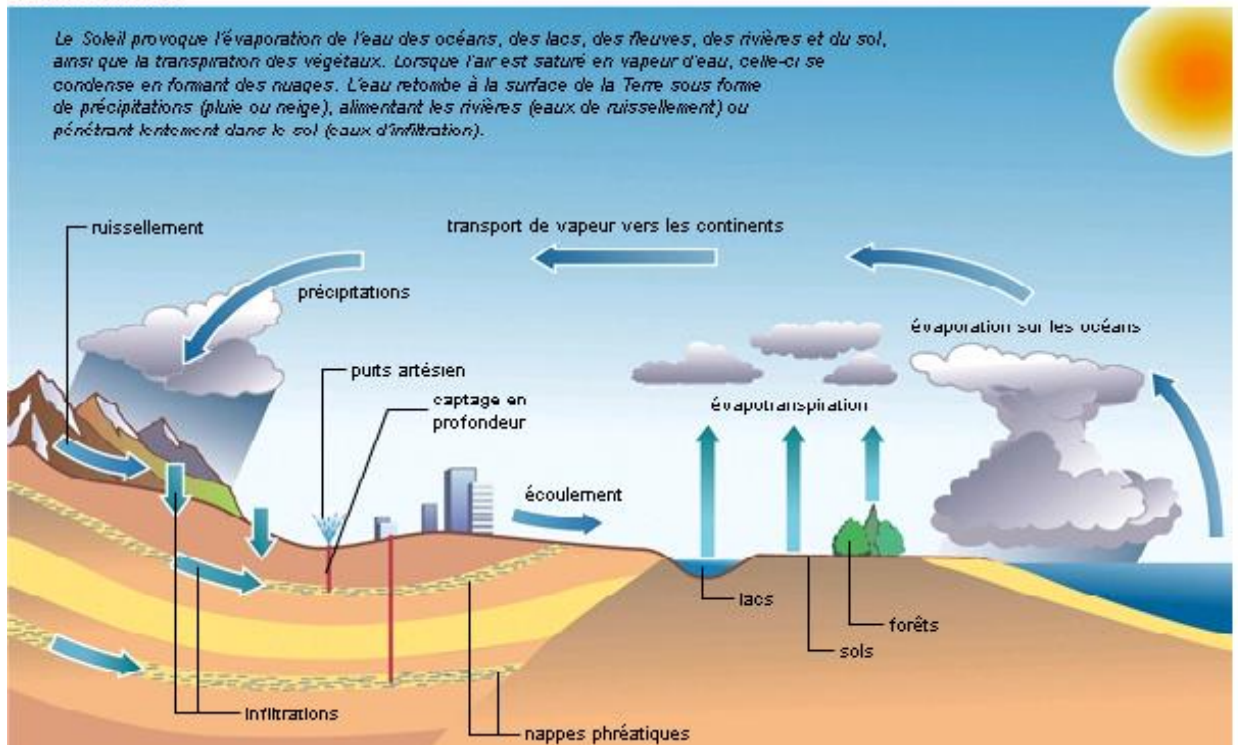


Figure I-3 : Le cycle d'eau [21]

I-7-1- Compositions du cycle

I-7-1-1 Les précipitations

Les précipitations constituent presque toutes nos réserves en eau douce elles sont variables d'une région à l'autre suivant le climat et le relief [22].

I-7-1-2- Les ruissellements

Parvenue sur le sol, une partie des précipitations s'écoulent à sa surface vers le réseau hydrographique et les étendues d'eau libre [22].

I-7-1-3- L'infiltration

Une partie des précipitations pénètre dans le sol et dans le sous-sol, alimente les réseaux souterrains constituant le stock d'eau du sol et les réserves des nappes aquifères [22].

I-7-1-4- L'évapotranspiration

C'est la somme des pertes par transformation de l'eau en vapeur. On distingue deux composantes :

- L'une constituée par le retour direct de l'eau dans l'atmosphère.
- L'autre constituée par la transpiration des plantes [22].

I-8- Les ressources en eau

L'eau sur toutes les formes est abondante sur terre, en effet : elle représente 1380 millions_ de kilomètre cubes. La majorité est constituée d'eau de mer 92.7%, la glace qui représente 2.15% est inutilisable directement, et enfin l'eau douce dont la disponibilité est sous forme de : lacs, fleuves, eau souterraine, elle se représente que 0.7% de la ressource totale. L'origine des eaux servant à l'alimentation humaine provient des eaux souterraines, les eaux douces de surface c'est-à-dire celle des ruisseaux, des rivières, des fleuves, des barrages, ou dans certains cas, par adoucissement des eaux de mer [23].

I-8-1- Types de ressources en eau

Dans la nature, on peut signaler d'une part les petites ressources en eau comme l'humidité de l'air et l'humidité du sol que certains animaux et plantes en profitent. Et d'autre part les grandes ressources d'eau dont :

- l'eau de surface (eau des fleuves et rivières, des lacs et des marais, des étangs et des petites dépressions fermées)
- les eaux souterraines (dans les différents magasins aquifères [24]).

I-8-1-1- Eaux de surfaces

Les eaux de surface sont des eaux qui circulent ou qui sont stockées à la surface des continents.

Elles ont pour origine, soit des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit les eaux de ruissellement [25].

Les eaux de surface sont moins stables, et contiennent des matières minérales et organiques en suspension qui peuvent engendrer des désagréments olfactifs et gustatifs. Elles nécessitent un traitement physico-chimique parfois complexe dans des infrastructures importantes [25].

La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par ces eaux durant leurs parcours dans l'ensemble des bassins versants.

Ces eaux sont le siège, dans la plupart des cas, d'un développement d'une vie microbienne à cause des déchets rejetés dedans et de l'importance de surface de contact avec le milieu extérieur, c'est à cause de ça que ces eaux sont rarement potables sans aucun traitement [26].

I-8-1-2- Eaux souterraines

L'eau souterraine est d'une importance capitale dans la plupart des régions du monde. Toutefois, cette ressource qui était jadis de bonne qualité, se trouve actuellement menacée par diverses sources de contamination ponctuelles et diffuses [27].

On trouve les eaux souterraines sous la plupart des terres émergées du globe. Leur origine est due à l'accumulation des eaux d'infiltrations dans le sol qui varie en fonction de sa porosité et de sa structure géologique. Les eaux souterraines sont généralement d'excellentes qualités physico-chimiques et bactériologiques. Elles restent jusqu'à présent les meilleures ressources en eau potable [28].

La nature de terrain sous lequel se trouvent 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.

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 [26].

Les principales caractéristiques de ces eaux sont présentées ci-dessous :

- Turbidité faible : ces eaux bénéficient d'une filtration naturelle dans le sol.

- Contamination bactérienne faible.
- Température constante, puisqu'elles ne sont pas en contact avec la substance végétale.
- Débit constant.
- Dureté souvent élevée, ces eaux peuvent être en contact avec des formations rocheuses contenant des métaux bivalents.
- Concentration élevée de fer et de manganèse [29].

✓ **Tableau I-2:** les caractéristiques des eaux de surface et les eaux souterraines

Caractéristiques	Eaux de surface	Eau de souterraine
Température	Variation suivant- saison	Constantes toutes les saisons
Turbidité	Elevée et variable	Nulle et parfois faible
Couleur	Liée aux matières en suspension	Liées aux matières en solution (acide tunique).
Minéralisation	Variable	Plus élevée et constante
Fer	Absent	Elevée parfois (présent)
CO ₂	Absent	Peu présent en grande quantité
H ₂ S	Absent	Souvent présent
NH ₄	Dans les eaux polluées	Indice de pollution bactérienne

I-9- L'usage de l'eau

I-9-1- L'usage domestique

Les eaux de consommation publique sont utilisées à différentes fins. Un habitant consomme 230 l par jour, n'en utilise que seulement 1 % pour la boisson et 6 % pour la préparation de la nourriture, les 93 % restant sont consacrés aux bains-douches (39 %), aux sanitaires (20 %), au lavage de la linge (12 %), de la vaisselle (10 %), à des usages domestiques divers (6 %) et au lavage des voitures et arrosage du jardin (6 %) [30].

I-9-2- Les besoins agricoles

L'agriculture est une grande consommatrice de l'eau pour l'irrigation et l'élevage. L'irrigation nécessite des volumes considérables. Un hectare de maïs consomme 20000 m³d'eau pendant sa période végétative, et un hectare de riz 40000 m³en moyenne [31].

I-9-3- Les besoins industriels

L'industrie est consommatrice de l'eau. Elle a de multiples fonctions, par exemple celle de fluides de refroidissement et de substance primaire (dans le domaine de la production) ou de solvant et de milieu réactionnel (dans l'industrie chimique par exemple) [32].

I-9-4- Usage pour l'urbanisation

Avec la croissance de la population, l'urbanisation et le développement économique, la demande en eau douce augmente dans toutes les zones urbaines d'Europe. Parallèlement, le changement climatique et la pollution influent également sur la quantité d'eau disponible pour les résidents des villes [33].

I-10- Cause de rareté de l'eau

L'eau est menacée dans sa qualité et dans sa quantité. La rareté grandissante des ressources en eau qui résulte de la diminution des quantités disponibles par habitant, la dégradation de la quantité et les objectifs de développement économique et social imposent donc l'élaboration et la définition d'une stratégie de gestion de l'eau à moyen et à long terme [34]

Dans notre pays, l'eau s'est raréfiée en raison du climat, mais d'autres facteurs y ont contribué :

I-10-1- La surexploitation

Pendant longtemps l'exploitation de cette ressource s'est faite sans aucune planification ce qui a poussé à un usage excessif.

Le gaspillage : par définition cela implique tout écoulement d'eau non justifié tel que les robinets ouverts, les fuites dans les foyers, les industries et dans les réseaux urbains. Ainsi un robinet qui fuit lentement c'est 2 à 90 m³/an, une déchirure dans un branchement c'est une perte de 100 m³/an. Une mauvaise méthode d'irrigation c'est une perte en eau de 100 à des milliers de m³/an [35].

I-10-2- La pollution

A cause de la pollution, certaines ressources deviennent inutilisables [35].

I-10-3- Les mauvaises techniques d'irrigation

L'irrigation avec excès apporte aussi du sel en excès qui s'accumule dans le sol et qui contribue à la perte de l'eau. Le sel attire l'eau de la nappe par capillarité qui s'évapore. Ainsi, le niveau de la nappe descend [35].

I-11- Position de l'eau en Algérie

L'Algérie fait partie des pays les plus pauvres au niveau hydrique. Sa position géographique, en zone de transition, et son climat aride et semi-aride, en fait un espace très vulnérable.

Le secteur de l'eau sera l'un des plus déstabilisés : diminution de l'écoulement des eaux, modification du régime hydrologique saisonnier avec des impacts sur certains aménagements hydrauliques et agricoles, augmentation de la salinité des eaux, baisse du niveau des nappes souterraines ...Le pays est confronté alors à une rareté de l'eau mesurée en termes de stress hydrique et d'irrégularité de la ressource, deux facteurs susceptibles de s'accroître avec le changement climatique. Éloigner le spectre du stress hydrique dans un contexte géographique et climatique peu favorable, voire hostile, devient l'unique préoccupation des pouvoirs publics [3].

I-12- Conclusion

L'eau avant d'être une ressource est une source. C'est la source de la vie car sa seule absence marque la fin de toute existence vivante.

Par ailleurs à la différence des autres ressources notamment l'énergie, le pétrole, l'eau n'est pas substituable. En revanche on ne peut pas remplacer l'eau par une autre matière tant pour l'agriculture que pour l'alimentation animale et humaine.

CHAPITRE II

II-1- Introduction

Issue de nappes d'eaux souterraines non polluées, profondes ou protégées des rejets dus aux activités humaines, les eaux de source sont des eaux naturellement propres à la consommation humaines. Les seuls traitements qu'il est permis de leur appliquer sont l'élimination des éléments instables tels que le gaz, le fer et le manganèse par aération, décantation et filtration [36].

II-2- Les sources

II-2-1- Définition

Une source peut être définie comme l'apparition à la surface du sol de l'eau d'une nappe souterraine. Toute source est alimentée par une portion de la nappe qui lui a donnée naissance [37].

II-2-2- Nature et localisation des sources

La position des exutoires d'une nappe est conditionnée par la géométrie relative entre le réservoir aquifère, les imperméables bordiers et la surface topographique [38].

Les composants les plus importants dissous dans l'eau souterraine sont les ions : le sodium (Na^+), potassium K^+ , magnésium (Mg^{2+}), calcium (Ca^{2+}), les ions chlore (Cl^-), sulfate (SO_4^{2-}), hydrocarbonate et carbonate (HCO_3^- et CO_3^-), nitrate (NO_3^-), l'acide silicique (H_4SiO_4). Les eaux souterraines peuvent également contenir de l'oxygène dissous Quand l'oxygène est absent il est probable que l'eau contient des ions ferreux (Fe^{2+}), du manganèse bivalent (Mn^{2+}), et des ions d'ammonium (NH_4^+) [39].

II-2-3- Les différents types de sources

Les principaux types de sources sont les suivants :

II-3-1- Sources d'affleurement

Lorsque la couche imperméable inférieure d'une nappe 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 [40].

II-3-2- Sources de déversement

Ce type de sources se rencontre dans les terrains fissurés en surface, calcaires et surtout granites (le réseau de fissures vient rencontrer la surface du sol, avec une pente qui permet d'y conduire l'eau). Généralement leur débit est faible, pratiquement constant et peuvent facilement tarir. Aussi n'envisagera-t-on leur captage qu'en l'absence d'autres possibilités [40].

II-3-3- Sources d'émergence ou artésienne

Qui sont alimentées par la couche inférieure de la nappe (ces sources sont des tarissements). Leur débit est en principe uniforme et presque constant durant toute l'année, tandis que le rendement des autres types de sources dépend du niveau de la nappe et des précipitations saisonnières [41].

II-4- Conditions d'émergence

L'émergence de l'eau qui sort d'un massif aquifère est souvent très variable. Parfois ponctuelle et localisée au débouché d'un chenal graveleux, d'une fracture ou d'une cavité karstique, elle peut également se présenter sous un aspect plus ou moins diffus, correspondant à une multitude de griffons épars ou journalier sur une certaine distance de contact entre l'aquifère et l'imperméable [38].

II-5- Captages des sources

Dans le cas d'un exutoire karstique issu d'une grotte de façon très concentrée, le captage se limite à un prolongement bétonné du lit de la rivière souterraine, souvent après édification d'un petit barrage frontal destiné à créer une réserve tampon, favorable à une dérivation vers un canal ou à l'immersion d'une crépine de prélèvement [38]. Lorsque l'émergence provient d'une fissure ou d'une fissure très localisée (réservoirs karstiques et fissurés), le site productif est chapeauté par un ouvrage de captage dont la géométrie dépend directement des caractéristiques locales. Celui-ci est suffisamment encastré dans le rocher, après dégagement de sa couverture meuble et de sa frange d'altération, ce qui limite le risque de contamination des eaux exploitées par des apports superficiels de moindre qualité [38].

Un captage bien réalisé doit donc interdire les infiltrations superficielles et aller chercher l'eau en pénétrant aussi loin que possible dans la formation géologique, grâce à un drain ou à une galerie. [42]

II-6- Débit et régime des sources

Il est très important de bien connaître le régime et les variations de débit des exutoires d'un massif aquifère. Certaines sources, qualifiées de pérennes, présentent un écoulement permanent et sont généralement situées aux points bas du réservoir. Elles sont souvent associées à des sources temporaires qui permettent l'évacuation des débits de trop-plein à une côte supérieure, lors des mises en charges générées par les épisodes pluvieux [38].

II-7- Les nappe d'eau souterraine

Les nappes d'eau souterraine sont ni des lacs ni des cours d'eau souterrains : c'est de l'eau contenue dans les roches poreuses saturées par les eaux de pluie qui se sont infiltrées [39].

II-7-1- Différents types de nappes

Selon les conditions géologiques, on peut distinguer différents types de nappes [43].

II-7-1-1- 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 [43].

II-7-1-2- Nappe captive

Ce type de nappe est dû à l'enfoncement d'une roche-magasin par suite de la pente des couches géologiques.

L'eau est enfouie dans le sol depuis des milliers ou des centaines de milliers d'années. Ces nappes sont exploitées par des forages profonds jusque 600 et même 1000 m. Toutefois, une nappe captive peut être alimentée en certains points là où le terrain aquifère affleure à la surface du sol ou vient se perdre dans une couche perméable [43].

II-7-1-3- Nappe alluviale

Les plaines alluvionnaires sont souvent formées de matériaux détritiques c'est – à- dire de débris, très poreux et gorgés d'eau –il y a la une réserve importante à exploiter et qui est presque toujours entretenu par le débit des rivières ainsi que par les précipitations [44].

II-7-1-4- Nappe phréatique

Lorsque le fond imperméable est pratiquement horizontal et peu profond, il existe une nappe dite phréatique dans laquelle on peut creuser des puits [44].

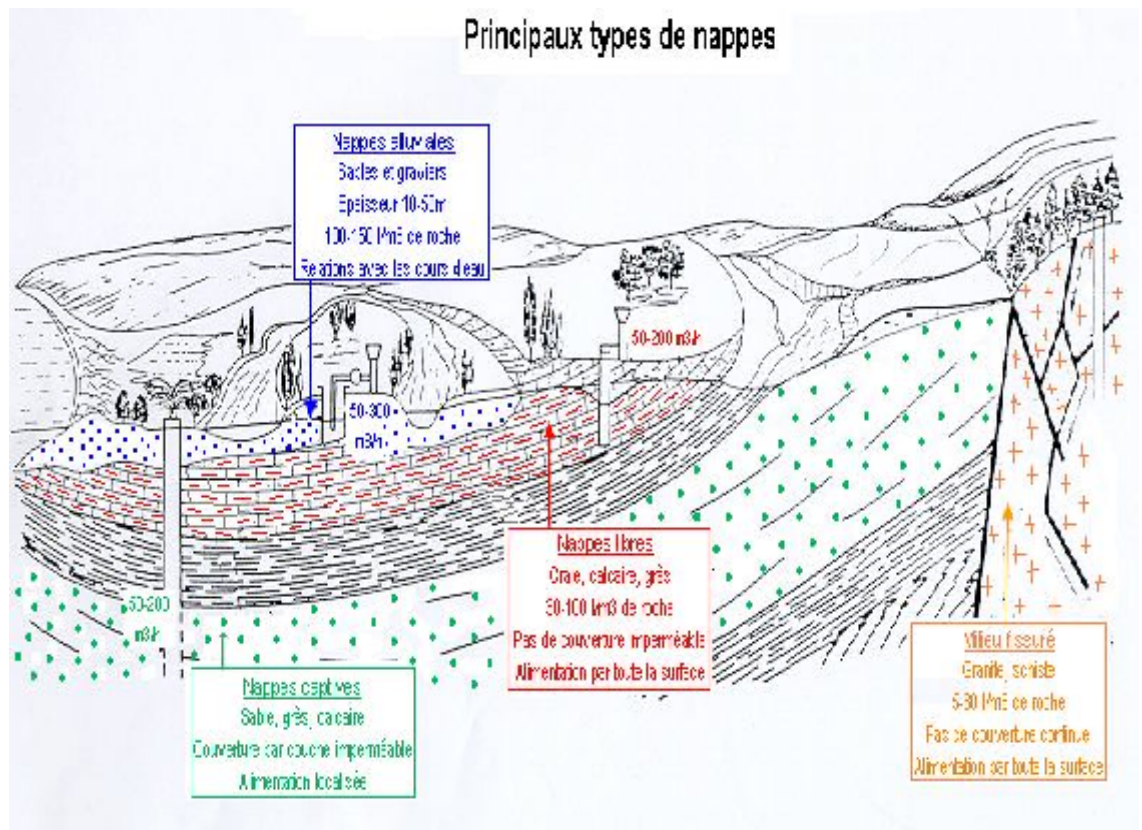


Figure II-4 : principaux types de nappes [44]

II-8 -Conclusion

L'eau souterraine constitue donc la plus grande réserve en eau douce liquide de la planète ; c'est l'une des matières premières les plus vitales pour l'homme et pour l'ensemble de l'économie.

La protection des eaux souterraines est une question de plus en plus préoccupante tant au niveau de l'exploitation de la ressource qu'à celui des impacts sur la santé humaine. La préservation de la qualité de l'eau souterraine est d'autant plus importante du fait que cette ressource, une fois contaminée, devient inappropriée pour la consommation.

CHAPITRE III

III-1- Introduction

Avoir de l'eau à disposition en quantité et en qualité suffisantes contribue au maintien de la santé [44].

Le suivi de la qualité physico-chimique de l'eau destinée à la consommation est nécessaire pour s'assurer que sa teneur demeure en deçà des valeurs pouvant engendrer une toxicité chez l'homme comme stipulé par les normes de qualité des eaux potables de l'OMS. Les paramètres régulièrement suivis lors des contrôles de qualité physico-chimiques comprennent : la turbidité, le pH, la température, les teneurs en pesticides et en minéraux qui présentent des risques néfastes pour la santé tels que les nitrates, l'arsenic, le plomb, et les ions métalliques en solution [45].

III-2- L' eau potable

Une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé selon l'organisation mondiale de la santé. C'est une eau exempte de germes pathogènes (bactéries, virus) et d'organismes parasites, car les risques sanitaires liés à ces micro-organismes sont grands [46]. Les normes de potabilité sont l'ensemble des critères organoleptiques, physiques, chimiques, toxiques, éléments indésirables et bactériologiques que doit respecter une eau pour pouvoir être offerte à la consommation humaine [25].

III-3- Critères de potabilité

La qualité d'une eau est définie par des paramètres physico-chimiques et biologiques, pour pouvoir être consommée agréablement l'eau doit être limpide, claire et ne doit présenter ni saveur, ni odeur désagréable. Cependant une eau qui ne satisfait pas pleinement à ces critères ne présente pas forcément de risque pour la santé [47].

Les normes de l'eau potable sont établies par l'Organisation Mondiale de la Santé ou par l'Union Européenne ou le Ministère Algérien des ressources en eaux.

L'élaboration des normes de potabilité est basée sur les études scientifiques montrant les effets nocifs sur la santé, des éléments physico-chimiques à partir d'un seuil de concentration maximale à ne pas dépasser. Par sécurité la valeur de la norme sera largement inférieure cette dose, afin d'éviter le développement de pathologie, malgré le dépassement du seuil. Actuellement dans le monde plus de 4 millions de

personnes meurent encore chaque année à cause d'une eau non potable et 885 millions n'y ont pas accès [48].

Les paramètres faisant l'objet de limites de qualité sont classés en quatre grandes catégories :

III-3- 1- Les paramètres organoleptiques

Ces paramètres concernent les qualités sensibles de l'eau : la couleur, la saveur, l'odeur, la transparence. Ils n'ont pas de signification sanitaire. Ils permettent au consommateur de porter un jugement succinct sur la qualité de l'eau [9].

III-3-1-1- Couleur

La couleur de l'eau est le résultat de la présence de matières organiques colorées (substances humiques, métaux ou rejets industriels).

Les métaux qui colorent l'eau sont le fer (couleur, rouge, qui provient soit de la composition naturelle des eaux, soit de la dissolution des tuyauteries métalliques des réseaux de distribution.) et le manganèse (couleur noir). Dans les cas extrêmes, une coloration bleu clair peut apparaître en présence du cuivre. Mais la couleur de l'eau résulte essentiellement de particules colloïdales en suspension, peu ou pas décantables.

La couleur doit être acceptable pour les consommateurs et aucun changement anormal ne doit se faire notamment une couleur inférieure ou égale à 15 mg/l de platine en référence à l'échelle Pt/Co (Platine/Cobalt) [49].

III-3-1-2- Odeur

L'odeur a pour origine principale la présence des substances organiques volatiles ou du certain gaz d'origine biologique, les odeurs révèlent la présence des microorganismes qui peuvent signifier une augmentation de la concentration en germes pathogènes. Elles peuvent aussi provenir des pollutions issues des activités humaines (Effluent industriels ou agricoles).

Elle doit être acceptable pour les consommateurs et aucun changement anormal ne doit se faire notamment pas d'odeur détectée pour un taux de dilution de trois à 25°C [49].

III-3-1-3- Saveur

Une mauvaise saveur peut être le résultat d'une croissance de micro-organismes Occasionnelle, d'une contamination par les matériaux utilisés, de la présence de substances organochlorés [49].

Elle doit être acceptable pour les consommateurs et aucun changement anormal ne doit se faire notamment pas de saveur détectée pour un taux de dilution de trois à 25°C [49].

III-3-2- Critères de potabilité physico-chimiques

Il convient d'établir une liste recensant les différents paramètres physico-chimique et microbiologiques à contrôler et qui définissent la potabilité d'une eau ainsi que les valeurs limites à ne pas dépasser [49].

III-3-2-1- Les Paramètres physiques

Les paramètres physiques sont en relation avec la structure naturelle des eaux : au contact du sol, les eaux se chargent de certains éléments minéraux qui influent sur la conductivité et le pH (acidité) [49]. La température de l'eau est également prise en compte.

Les références de qualité fixées pour ces paramètres correspondent à des considérations de l'ordre du goût et de l'agrément plutôt qu'à des préoccupations sanitaires. Les eaux de distribution doivent respecter les valeurs suivantes :

III-3-2-1-2- Température

La température a une grande importance dans l'étude et la surveillance des eaux quelles que soient souterraine ou superficielle, les eaux souterraines gardent généralement une fraîcheur constante, mais la température des eaux des surfaces varie selon plusieurs facteurs, saisonniers et autre. L'eau de boisson a une bonne fraîcheur si sa température varie entre 9 et 12°C [49]. Il est important de connaître avec précision la température d'une eau car elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous et donc sur la conductibilité électrique et le pH. Elle influence aussi la multiplication des micro-organismes, ainsi que leur métabolisme. Une température trop élevée favorise la croissance des microorganismes [50].

III-3-2-3- Potentiel hydrogène (pH)

Le pH caractérise la concentration d'une eau ou d'une solution aqueuse en ions hydronium (H_3O^+). Plus simplement, il mesure l'acidité ou l'alcalinité d'une eau. Le pH des eaux naturelles est lié à la nature géologique des terrains traversés. En régions granitiques (comme c'est le cas en Auvergne) ou schisteuses, en zones de tourbières ou forestières, les eaux ont un pH acide (< 7). En régions calcaires, les eaux ont un pH basique (> 7) [49].

Le pH n'a pas d'effet direct sur la santé mais il présente certains inconvénients, il doit être compris entre 6,5 et 8 [51].

- ✓ **Une eau acide et agressive : ($0 < \text{pH} < 7$)** : Le risque sanitaire est alors en fonction des métaux qui passent en solution dans l'eau (comme le plomb par exemple : risque de **saturnisme hydrique**) [49].
- ✓ **Une eau basique ou alcaline : ($7 < \text{pH} < 14$) diminue l'efficacité de la désinfection au chlore** : Au-dessus de 9 unités pH, il est conseillé de ne pas utiliser cette eau pour la toilette. En effet cette eau peut provoquer des irritations oculaires et une aggravation des affections cutanées [49].

▪ **Tableau III-3** : Classification des eaux d'après leur pH [49]

pH < 5	Acidité forte => présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
pH = 7	pH neuter
7 < pH < 8	Neutralité approchée => majorité des eaux de surface
5,5 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines
pH = 8	Alcalinité forte, évaporation intense

III-3-2-4- Conductivité

La conductivité représente la résistance qu'une eau oppose au passage d'un courant électrique. Elle est proportionnelle à la minéralisation de l'eau. Plus l'eau est riche en sels minéraux ionisés, plus la conductivité est élevée. La conductivité varie également en fonction de la température. La conductivité a, la plupart du temps, une origine naturelle due au lessivage des terrains lorsqu'il pleut. Ce lessivage entraîne naturellement la dissolution d'un certain nombre de sels minéraux. Elle peut également avoir pour origine l'activité humaine causée par les effluents agricoles, industriels ou domestiques qui contiennent des sels contribuant eux aussi à l'accroissement de la conductivité. Il y a lieu de noter que l'eau de l'alimentation a une conductivité de 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Norme Algérienne) [49].

- **Tableau III-4** : Relation entre la minéralisation et la conductivité électrique [4]

Conductivité électrique	Taux de minéralisation
CE < 100 $\mu\text{s/cm}$	Minéralisation très faible
100 < C.E < 200 $\mu\text{s/cm}$	Minéralisation faible
200 < C.E < 333 $\mu\text{s/cm}$	Minéralisation moyenne
333 < C.E < 666 $\mu\text{s/cm}$	Minéralisation moyenne accentuée
666 < C.E < 1000 $\mu\text{s/cm}$	Minéralisation importante
C.E > 1000 $\mu\text{s/cm}$	Minéralisation élevée

- **Tableau III-5** : Qualité de l'eau en fonction de la conductivité électrique [47]

Conductivité électrique (exprimée en $\mu\text{s/cm}$)	Qualité de l'eau
50 à 400	Excellente
400 à 750	bonne qualité
750 à 1500	médiocre mais eau utilisable
> à 1500	minéralisation excessive

III-3-2-5-Turbidité

La turbidité de l'eau est liée à sa transparence elle donne une idée de la teneur en matières en suspension, il est important de connaître la valeur 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.

Pour sécurité de l'eau de boisson il faut maintenir une turbidité inférieure à 5NTU [45].

▪ **Tableau III-6:** Classes de turbidité usuelles [49]

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

III-3-2-2- Les paramètres chimiques

La potabilité chimique c'est l'absence, ou la présence à des taux suffisamment faibles, de substances toxiques susceptibles de provoquer des maladies à plus ou moins long terme.

Parmi les paramètres chimiques, certaines substances sont considérées comme indésirables, leur présence est tolérée, tant qu'elle reste inférieure à un certain seuil (fluor, nitrates, etc.). Par contre, les substances toxiques comme l'arsenic, le mercure, le plomb, le chrome, le nickel, l'antimoine, le cyanure et le sélénium, ainsi que certains hydrocarbures ont des limites de qualité très basses de l'ordre du millionième de gramme par litre, ce qui exige des analyses extrêmement fines [52].

III-3-2-2-1- Minéralisation globale

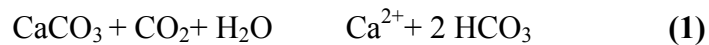
La minéralisation d'une eau correspond à l'ensemble des sels minéraux dissous dans l'eau et dont la nature dépend des terrains traversés. L'eau contient beaucoup d'ions dissous dont les principaux sont le calcium (Ca^{2+}), le magnésium (Mg^{2+}), le sodium (Na^+), le potassium (K^+), les bicarbonates (HCO_3^-), les sulfates (SO_4^{2-}) et les chlorures (Cl^-). Certains éléments, à plus faible concentration, peuvent créer soit un désagrément pour le consommateur soit des effets négatifs sur la santé [52]. Ils proviennent pour l'essentiel du lessivage des sols par les eaux de pluie.

III-3-2-2-2- Calcium (Ca^{2+})

Le calcium est un métal alcalino terreux extrêmement répandu dans la nature. [53] Le corps humain comprend en moyenne 1,2 kilogramme de calcium essentiellement dans le squelette. Il est libéré généralement par l'altération des roches, il provient des aluminosilicates, des silicates, des carbonates (calcite et calcite

magnésienne) et les sulfates. L'eau potable de bonne qualité renferme de 100 à 140 mg/L de calcium [49].

Sa présence résulte principalement de l'infiltration des eaux météoriques à travers des formations carbonatées. La dissolution qui s'en suit est favorisée par gaz carbonique provenant de l'atmosphère et du sol [5].



III-3-2-2-3- Magnésium (Mg^{2+})

Élément indispensable à la vie, jouant un rôle important dans la respiration, il constitue environ 2.1 % de l'écorce terrestre [53].

Leurs origines sont naturelles (dissolution des roches magnésites basaltes, argiles) ou industrielle (industrie de la potasse de cellulose, brasserie). La dureté manganésienne de l'eau représente ordinairement le tiers de la dureté totale. Le magnésium en excès donne une saveur amère à l'eau [54].

III-3-2-2-4- La dureté ou titre hydrotimétrique (TH)

La dureté a un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés. Elle correspond à la somme des concentrations en cations métalliques, excepté celles des métaux alcalins (Na^+ , K^+) et H^+ . Elle est souvent due aux ions Ca^{2+} et Mg^{2+} .

La présence de ces deux cations dans l'eau tend souvent à réduire la toxicité des métaux [47]. Ce paramètre ne fait pas l'objet de normes strictes, il varie le plus souvent entre 10 mg/l et 500 mg/l [9].

III-3-2-2-5- TA et TAC

Le titre alcalimétrique d'une eau permet de connaître sa concentration en carbonates (CO_3^{2-}) et en bases fortes, autrement dit son alcalinité.

TA= 0 si le $\text{pH} > 8,3$ et si l'eau contient du chlorure.

Pour prendre également en compte les ions bicarbonates (HCO_3^-), on utilise le titre alcalimétrique complet (TAC) :

L'alcalinité d'une eau est fortement liée à sa dureté et donc à son caractère corrosif et à sa capacité d'entartrage des canalisations. Ces titres se mesurent en degrés français (°f). L'alcalinité totale de l'eau ne doit pas être inférieure à 50 °F. [53]

III-3-2-2-6- Sodium et potassium

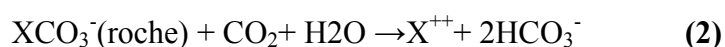
Le sodium et le potassium, le 6^{ième} et 7^{ième} éléments les plus abondants à l'état naturel sont en proportions très variables. C'est un métal alcalin. Son origine peut être :

- Naturelle (mer, terrain salé...);
- Humaine (10 à 15 g Na Cl dans les urines /jour);
- Industrielle (potasse, industrie pétrolière).

Les eaux très riches en sodium deviennent saumâtres, prennent un goût désagréable et ne peuvent pas être consommées [49]. Le potassium, beaucoup moins abondant que le sodium, et rarement présent dans l'eau à des teneurs supérieures à 20 mg/l. Il ne représente aucun inconvénient particulier bien que le K soit une des sources possibles de radioactivité de l'eau [49]. Le potassium règle la teneur en eau à l'intérieur des cellules. Il est un métal alcalin, étroitement rattaché au sodium à tel point, qu'il est rarement analysé comme un constituant à part dans les analyses de l'eau. Sa présence est moins répandue dans la nature [49].

III-3-2-2-7- Carbonates et Bicarbonates (CO₃²⁻), (HCO₃⁻)

L'ion Bicarbonate est le principal constituant alcalin de la plupart des eaux courantes. Sa présence dans l'eau est due à l'action combinée du CO₂ de l'atmosphère et des sols sur les minéraux silicatés et de la dissolution des minéraux carbonatés [49]. Les eaux bicarbonatées sont bonnes pour les sportifs pour lutter contre l'acidité produite par le muscle lors de l'effort. Les bicarbonates sont le résultat de l'équilibre physicochimique entre la roche, l'eau et le gaz carbonique, selon l'équation générale suivante [5] :



III-3-2-2-8- Les sulfates (SO_4^{2-})

Les eaux naturelles contiennent pratiquement toujours des sulfates, en proportions variables. Leur présence résulte de la légère solubilité de sulfate calcium des roches gypseuses et de l'oxydation des sulfures répandus dans les roches (comme par exemple les pyrites). Les eaux traitées au sulfate d'aluminium sont, par la même, enrichies en sulfate. On peut donc vérifier les quantités de sulfate d'aluminium ajouté lors du traitement en mesurant la teneur en sulfates avant et après la coagulation, bien qu'une légère fraction d'ions SO_4^{2-} soit entraînée par adsorption avec le floc [53]. Les concentrations maximales admissibles sont limitées à 250 mg/l. Des concentrations supérieures ne sont pas dangereuses mais comportent un risque des troubles diarrhéiques, notamment chez les enfants [9].

III-3-2-2-9- Les Chlorures (Cl)

Les eaux chlorurées ont un effet stimulant sur la croissance et sont indiquées dans le traitement des troubles du développement [49]. Les teneurs en chlorures des eaux extrêmement variées sont liées principalement à la nature des terrains traversés [25].

La concentration maximale admise des chlorures dans les eaux destinées à la consommation humaine est de 200 mg/l. L'eau à faible teneur en chlorures stimule la sécrétion gastrique. Elle peut avoir une action de protection du foie des composants toxiques. Les vomissements et les diarrhées répétées font perdre à l'organisme son chlore et provoquent ainsi des crampes musculaires et une grande fatigue [49].

III-3-2-2-10- Les substances indésirables

Sont dites indésirables certaines substances qui peuvent créer un désagrément pour le consommateur : goût (matières organiques, phénols), couleur (fer, magnèse...), soit causer des effets gênants pour la santé (nitrate, fluor) [9].

- **Matières organiques**

La contamination des eaux par des matières organiques est mesurée par l'oxydabilité au permanganate de potassium. Cette dernière est admissible pour une concentration maximale de 5 mg/l [9].

- **Ammonium (NH_4^+)**

Par mesure de précaution, une concentration supérieure à 0.05 mg/l en ammonium laisse suspecter une pollution récente d'origine industrielle ou humaine. En effet, la concentration maximale admissible est de 0.5 mg/l [9].

- **Nitrates (NO_3^-)**

Les nitrates sont indésirables en grande quantité car une fois ingérés, ils se transforment en nitrites et peuvent être à l'origine de problèmes toxicologiques [9].

Une eau contenant plus de 50 mg/l de nitrates est officiellement non potable. Cependant, on estime que la consommation d'une eau ayant une teneur en nitrate entre 50 et 100 mg/l peut être tolérée, sauf pour les femmes enceintes et les nourrissons. Au-delà de 100 mg/l, l'eau ne doit pas être consommée. Les populations concernées doivent être informées dans les meilleurs délais et par tous les moyens adaptés. Pour les effets néfastes des nitrates sur la santé, il y a lieu de noter que l'ingestion de nitrates à fortes doses et susceptible, sous certaines conditions, de perturber l'oxygénation du sang chez les nourrissons (maladie bleue, ou méthémoglobinémie). En outre, ils sont suspectés d'être à l'origine de l'apparition de cancers digestif [9].

- **Nitrites (NO_2^-)**

Étant un signe très fort de la pollution pour des concentrations limites de 0.1 mg/l, la présence de nitrites dans les eaux justifie une analyse chimique et bactériologique détaillée.

Les nitrites peuvent causer un problème d'oxygénation du sang [9].

- **Le fer**

Les besoins journaliers de l'organisme en fer s'élèvent à l'ordre de 1 à 2 mg. A des concentrations de l'ordre de 300 mg/l, les installations sanitaires en lui conférant de mauvais goût de l'eau. Sa concentration maximale admissible est de 200 mg/l [9].

- **Phosphates (PO_4^{3-})**

Le phosphore est un élément assez rare mais indispensable à tout être vivant. Il joue un rôle d'engrais. Le phosphate est obtenu dans la nature à partir de la décomposition des cellules mortes qui sont minéralisées par les micro-organismes.

Sa présence dans l'eau n'a pas de conséquence sanitaire. Par contre, elle favorise la croissance des algues dès que l'eau est exposée à la lumière par des phénomènes de l'eutrophisation. Bien que non toxiques, les phosphates présents dans l'eau peuvent occasionner des troubles digestifs à cause de leur effet tampon [54].

III-3-2-10- Le résidu sec

Le résidu sec représente le taux des éléments minéraux recueillis après d'un litre d'eau à une température de 180°C. Selon les quantités recueillies, elles sont classifiées comme suit :

- ✓ **Plus de 1 500 mg/l** : eau riche en sels minéraux ;
- ✓ **Entre 500 et 1 500 mg/l** : eau moyennement minéralisée ou oligominérale;
- ✓ **Entre 50 et 500 mg/l** : eau faiblement minéralisée ;
- ✓ **Résidu sec < 50 mg/l** : eau très faiblement minéralisée [55].

III-3-3- Les paramètres microbiologiques

L'eau ne doit contenir ni parasite, ni virus, ni bactérie pathogène. La qualité microbiologique est évaluée lors des contrôles analytiques réglementaires, par la recherche de bactéries, principalement des germes témoins de contamination fécale. La présence de ces bactéries dans l'eau a pour origine une pollution de la ressource, un dysfonctionnement du traitement de potabilisation. Les conséquences dépendent de plusieurs facteurs dont l'état général du consommateur, de la virulence des microorganismes, du mode de transmission ainsi que de la dose ingérée. Les troubles sont principalement des troubles gastro-intestinaux, diarrhées, vomissements [9].

Il est indispensable de toujours contrôler la qualité de l'eau après son traitement et avant sa consommation parce que ce dernier peut être défaillant ou que la qualité de l'eau peut s'altérer avant son arrivée au robinet du consommateur. Il convient d'établir une liste bactériologique c'est-à-dire une liste des bactéries que l'on ne doit pas retrouver dans une eau si celle-ci doit-être consommée ou encore la quantité limite tolérée de ces organismes dans l'eau [9].

III-3-3-1- Germes totaux

Ce sont des germes qui se développent dans des conditions aérobies. Leur présence est indicatrice de pollution bactérienne. Leur dénombrement donne une information sur la qualité hygiénique de l'eau destinée à la consommation humaine.

Ainsi, ils renseignent sur le degré de protection des nappes souterraines d'où provient l'eau à analyser [25].

III-3-3-2- Coliformes

Les coliformes appartiennent à la famille des *Enterobacteriaceae*. Le terme « Coliforme » correspond à organismes en bâtonnets, non sporogène, Gram-négatifs, oxydase négatif, aéroanaérobies facultatif, capable de fermenter le lactose (et mannitol) avec production d'acide et gaz en 48 heures à des températures de 35 et 37 °C. [25]

Les coliformes comprennent les genres : *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Yersinia*, *Serratia* [25]. Les coliformes totaux ne sont pas tous d'origine fécale. Ils ne sont donc pas indicateurs d'une pollution fécale. Leur recherche est cependant utile pour contrôler la qualité d'une eau après traitement [25].

III-3-3-3- Coliformes fécaux ou Coliformes thermo- tolérants

Les coliformes fécaux ou coliformes thermo-tolérants correspondent à des sous groupes de coliformes totaux capables de fermenter le lactose à une température de 44 °C. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli* (*E. coli*) et, dans une moindre mesure, certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella*. La bactérie *E. coli* représente toutefois 80 à 90 % des coliformes thermotolérants détectés [53].

Bien que la présence de coliformes fécaux témoigne habituellement d'une contamination d'origine fécale, plusieurs coliformes fécaux ne sont pas d'origine fécale, provenant plutôt d'eaux enrichies en matière organique, tels les effluents industriels du secteur des pâtes et papiers ou de la transformation alimentaire. Ils sont aussi de bons indicateurs de l'efficacité du traitement de l'eau, mais comme leur nombre est moins élevé que celui des coliformes totaux, ces derniers leur sont préférables pour cette fonction [25].

III-3-3-4- Streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux sont en grande partie d'origine humaine. Cependant, certaines bactéries placées dans ce groupe peuvent être retrouvées également dans les fèces animales, ou se rencontrent sur les végétaux. Ils sont néanmoins considérés comme indicateurs de pollutions fécales et leur principal intérêt réside dans le fait qu'ils sont résistants à la dessiccation. Ils apportent donc une information supplémentaire sur une pollution, concentration = 0 [25].

III-3-3-5- Clostridium

Ce sont des bactéries très répandues dans la nature, elles se trouvent dans les intestins des animaux, elles peuvent provoquer des maladies mortelles. La plupart des espèces de Clostridium sont des bactéries telluriques, mais sont également isolées dans l'intestin et les selles de l'homme et de divers animaux. Ainsi la présence de Clostridium dans les eaux ou les aliments par exemple signe en général, une contamination fécale. Concentration= 0 [56].

III-4 Les maladies d'origine hydriques

Les maladies d'origine hydrique font partie des premières causes de mortalité dans le monde. Les maladies à transmission hydrique constituent un groupe de maladies à allure épidémique, dont la symptomatologie est le plus souvent digestive (diarrhées, vomissements...) et dont la nature et la propagation sont liées à divers facteurs, comme la mauvaise qualité de l'eau, le manque d'hygiène et la pauvreté [41].

Quelques maladies à transmission hydrique

- **Choléra** : Maladie contagieuse d'origine bactérienne qui provoque des infections intestinales aiguës, dont les symptômes sont diarrhées fréquentes, vomissements incontrôlables, soif intense et une déshydratation rapide. Cette maladie peut entraîner la mort dans 80% des cas graves non traités [25].
- **Fièvre typhoïde** : Fièvre d'origine bactérienne qui entraîne de la fièvre, des maux de tête, de l'anorexie, un ralentissement du rythme cardiaque, une augmentation du volume de la rate, la formation de taches roses sur le corps, une toux sèche et de la constipation. Cette maladie, qui peut être bénigne et asymptomatique, peut entraîner la mort dans 1% des cas [25].

- **Fièvre paratyphoïde** : Maladie d'origine virale, cliniquement semblable à la fièvre typhoïde. Le taux de mortalité est toutefois plus faible [25].
- **Dysenterie** : Terme générique qui caractérise des maladies entraînant une diarrhée douloureuse et sanglante accompagnée de coliques, de nausées et de vomissements, dysenterie bacillaire ou shigellose (causée par diverses bactéries), dysenterie amibienne ou amibiase (causée par des amibes). Seule la shigellose peut entraîner la mort, les taux de mortalité peuvent atteindre 20% [25].
- **Diarrhées infectieuses** : Maladies causées par diverses bactéries et dont les symptômes sont des selles liquides, des vomissements et de la fièvre. En général, elles n'entraînent pas la mort [25].

III-5- Conclusion

De tout ce qui précède, il faut retenir que l'eau, c'est la vie. L'être humain, animal et même les végétaux ont besoin de l'eau pour se développer. Mais rappelons malgré que son importance, la consommation de sa mauvaise qualité est très nuisible à l'organisme. L'eau n'est donc profitable que lorsqu'elle est de bonne qualité.

CHAPITRE IV

IV-1- Introduction

Le chimisme des eaux souterraines dépend, principalement, de la composition lithologique des couches traversées et du temps de séjour des eaux. Cette interaction influe sur la teneur des éléments majeurs (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- ...).

Les concentrations de ces éléments naturels sont conditionnées par divers facteurs tels que les paramètres climatiques, l'activité anthropique, les échanges entre aquifères et les eaux de surface. Les activités anthropiques ont une influence non négligeable sur la qualité physicochimique des eaux souterraines. On observe principalement deux types d'influence

- ✓ En agriculture : apports de K^+ , Ca^{2+} , NO_3^- , SO_4^{2-} , NH_4^+ et PO_4^{3-} .
- ✓ Rejets des eaux usées : apports de Na^+ , K^+ , NO_3^- , Cl^- et quelques métaux lourds.

Notre étude a porté sur l'analyse des paramètres physico-chimiques et microbiologiques des eaux de huit sources situées dans la Wilaya d' Ain Defla : Djendel (Driaat, Ain El Dem), Miliana (Hammama, Ain Mred, Talaouchiba) Ain Defla (Ain El karma) khemis Miliana(Tunnel), Boumadfaa (Ain Hodi).

IV -2- Situation géographique

La région d'étude correspond à la Wilaya d' Ain Defla, elle se situe au centre ouest de l'Algérie à 140 Km au sud ouest d'Alger, limitée au nord par Tipaza, au sud est par Médéa à l'ouest par Chlef et à l'est par Blida, elle est formée par le massif de la Dahra au nord qui culmine au mont Zaccar (1550 m) au de nord de Miliana , par l'Ouarsenis au sud et la vallée de Chlef entre les deux massif l'agriculture est la principale activité de ses habitants la wilaya étant au premier rang nationale pour la production de la pomme de terre, les plus grands villes de la wilaya sont Khemis Miliana , Ain defla ,El Attaf et Miliana.

IV -2-1- Climat :

Bien que la wilaya d' Ain Defla ne se trouve à vol d'oiseau qu'à 12 k m de la mer, elle se caractérise cependant par un climat continental. La wilaya présente un climat méditerranéen semi -aride, l'été s'étend sur 5 à 6 mois environ.

La pluviométrie reste variable et atteint 500 à 600 mm/an.

IV -2-2- Ressources hydrauliques :

La wilaya dispose de grandes réserves hydriques tant souterraines que superficielles:05 barrages en exploitation (d'une capacité réelle de 561 Hm3) :les barrages de Ghrib à Oued Chorfa, Derdeur à Tarik Ibn Ziad, Harraza à Rouina et Sidi M'hamed Ben Taiba à Arib, 08 retenues collinaires : Djemaa Ouled Cheikh, Tarik Ibn Ziad, Boumedfaa, etc...

Plusieurs bassins et retenues collinaires font l'objet d'opérations de peuplement et de repeuplement en alevins (carpe, barbeau, sandre, mulot) pour le développement de la pêche à travers la mise en valeur piscicole des retenues des barrages.

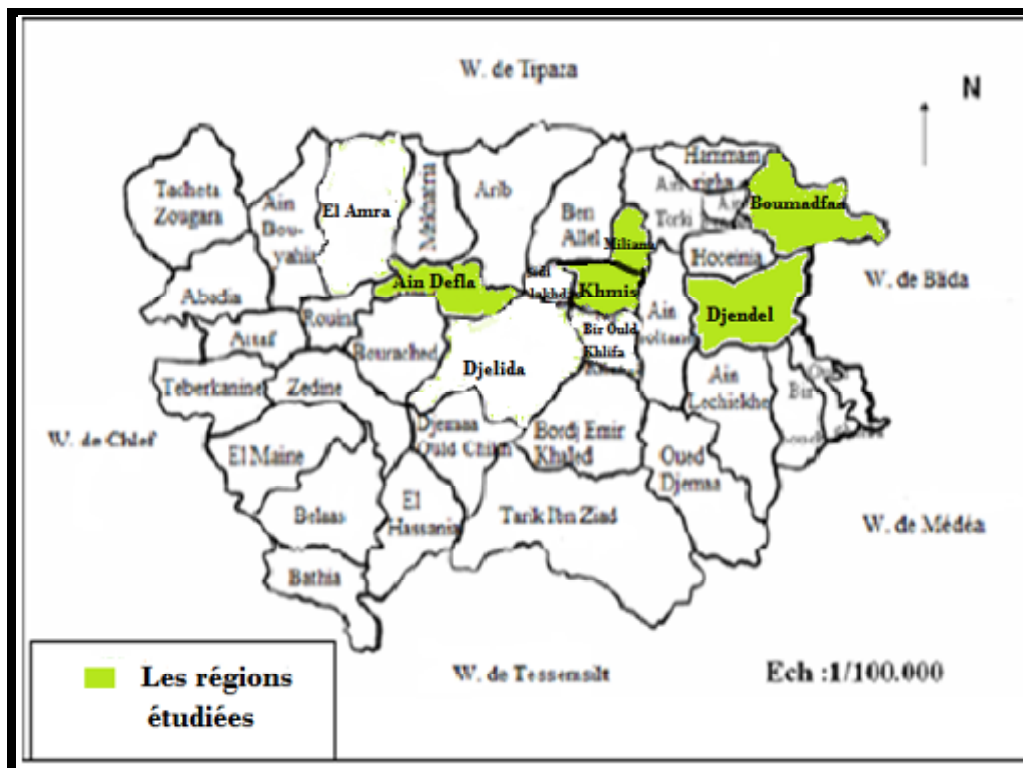


Figure IV-5 : Situation géographique d'Aïn Defla

VI-3- Méthodes d'acquisition des données

L'étude de la qualité des eaux de sources comporte trois étapes :

- ✓ Prélèvements, échantillonnages ;
- ✓ Analyses ;
- ✓ Interprétations.

VI-3-1- Échantillonnage

- **Échantillonnage pour l'analyse physico-chimique**

Un prélèvement correct est indispensable pour un bon résultat, le prélèvement des échantillons pour les analyses chimiques est d'une grande importance puisque les résultats reflètent directement les caractéristiques chimiques de l'eau prélevée. Les échantillons d'eau ont été prélevés dans des flacons propres rincés plusieurs fois avec l'eau à analyser puis fermés hermétiquement sans laisser de bulles d'air dans le flacon, on a utilisé des flacons en plastiques de 1.5 L pour chaque échantillon.

- **Échantillonnage pour l'analyse bactériologique**

Les conditions essentielles à respecter pour le prélèvement sont d'abord le respect des règles d'asepsie et la non modification de la flore au cours du prélèvement et du transport des échantillons.

Les manipulations effectuées au cours du prélèvement ne doivent en aucun cas être à l'origine d'une contamination, d'où : la nécessité d'utiliser des instruments stériles et de travailler dans des conditions stériles.

Il est nécessaire d'utiliser des flacons propres, secs, étanches, à col large stérilisés par autoclavage à 121°C pendant 30 min ou encore à usage unique et stériles.

On a effectué les prélèvements dans les dates suivantes :

S₁, S₂, S₃ : 26/03/2016 ; S₄ : 28/03/2016

S₅, S₆, S₇ : 10/04/2016 ; S₈ : 16/04/2016

VI-3-2- Mesure in situ

La seule mesure qu'on a effectuée in situ est la mesure de la température (à cause de l'absence des moyens).

VI-3-3- Conditionnement et transport des échantillons :

Tous les flacons ont été immédiatement étiquetés pour éviter tout risque de confusion sur l'identité des échantillons (lieu et date de prélèvement) puis sont transportés au

laboratoire dans une glacière propre ou ils sont conservés. Les délais de conservation des échantillons sont respectés.

VI-4- Travail de laboratoire

IV-4-1- Objectif

Pour un contrôle de la qualité des eaux de source de la Wilaya de Ain el Defla, nous avons réalisé les analyses sur des échantillons pris de huit sources.

Ce control consiste à l'analyse des :

- ✓ Paramètres organoleptiques.
- ✓ Paramètres physico-chimiques.
- ✓ Paramètres de pollution.
- ✓ Paramètres microbiologie.

IV-4-2- Matériels

- Flacons on bouteilles en plastique de 1,5 L.
- Fioles
- Capsule en porcelaine
- Spectrophotomètre (type de HACH, USA)
- Photomètre à flamme (Dr. LANCH JEN WAN)
- Turbidimètre (HACH2100 A USA)
- Etuve 44°C 37° 22°C (type de BINDER KB 53, Allemagne)
- Béchers
- Cuvette
- Entonnoire
- Burette
- Erlemeyer
- Agitateur
- Balance
- Multiparamètre (oxymetre) (HACH.USA)
- Rampe de filtration
- Pompe à vide un flacon aspirateur
- Boite de pétri

- Membrane filtrante (pore 0.45um)
- Pince
- Bec benzène
- Pipettes PASTEUR
- Flacon aspirateur

IV-4-3- Réactifs

- Solution tampon
- Murexide
- Solution d'hydroxyde de sodium
- Solution de salicylate d'ammonium
- Solution d'acide chlorhydrique
- Solution stabilisante
 - ✓ Acide chlorhydrique
 - ✓ Ethanol
 - ✓ chlorure de sodium
 - ✓ Eau distillée.
- Sulfite de sodium
- Réactif mixte
 - ✓ Suflamlamide
 - ✓ N1-Naphyl éthylène diamine
 - ✓ H₂O distillée
- Nitrate d'argent
- Solution d'acide sulfurique
- Solution de chlorure de baryum
- Solution fille de sodium
- Solution fille de potassium

VI-4-4-Milieus de cultures

- ✓ Gélose Tergitol
- ✓ Gélose Slanetz
- ✓ La gélose viande de foie
- ✓ L a gélose Plat Count Agar (PCA)

IV-5- Les méthodes d'analyse

Les échantillons ont été analysés au sein du laboratoire de l'ADE d'Ain Defla, qui nous a offert tous les moyens pour effectuer les analyses physico-chimiques et bactériologiques nécessaires à l'étude.

Remarque : Le protocole des analyses est le protocole utilisé au niveau de laboratoire de l'ADE.

IV-5-1- Analyses Organoleptiques

L'analyse des caractères organoleptiques qu'on a effectué pour les échantillons d'eau (Sources). On permet d'examiner :

➤ **La couleur**

Est évaluée par l'œil nu

➤ **L'Odeur et Saveur**

Sont évaluée par les organes de dégustations (La langue et le nez).

➤ **La Turbidité**

• **Principe**

Pour tout échantillons d'eau, la mesure de la lumière diffusés et la lumière transmise permet la détection de matières non dissoutes, absorbant mais diffusant mal, qui passeraient inaperçues par la seule mesure de la lumière diffusée.

❖ **Appareil :** Turbidimètre (HACH 2100N)

• **Mode Opérateur**

Etalonner d'abord le turbidimètre avec des solutions d'étalonnage, puis on a remplis une cuvette de mesure propre et bien essuyée avec du papier par l'échantillon à analyser. On a effectué rapidement la mesure.

Comme remarque on a retenu qu'il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure.

IV-5-2- Analyse physico-chimiques

Les analyses effectuées sont le pH, la conductivité électrique, la dureté totale, sodium, potassium, calcium, et critères chimiques indicateurs de pollutions : nitrite, nitrates, ammonium.

➤ Mesure de pH et de la conductivité

• Principe

La mesure de pH et de la conductivité d'une solution s'appuie sur la mesure de potentiel d'une électrode à hydrogène plongée dans la solution.

❖ Appareil : Multiparamètre (HACH USA)

• Mode Opérateur

Le multi paramètre (HACH USA) est étalonnée avant d'effectuer des mesures, et puis l'électrode est rincée par l'eau distillée puis plongée dans l'échantillon ; en laissant l'appareil se stabiliser, on note la première valeur de pH à l'aide d'un bouton 2 lit la 2^{ème} valeurs de la conductivité. Affichée sur le même écran.

➤ La température

• Principe

La température est mesurée par un thermomètre sur site et les valeurs obtenues sont estimées en °C.

• Mode Opérateur

Le thermomètre est rincé puis plongé dans l'échantillon, et on laisse l'appareil se stabiliser, puis la valeur de la température est notée.

➤ Détermination du calcium (Ca^{2+}) et du magnésium (Mg^{2+})

• Principe

Le calcium est dosé avec une solution aqueuse d'E.D.T. A à pH entre 12 et 13.

Ce dosage se fait en présence du Murexide, l'E.D.T.A réagi tout d'abord avec les ions calcium libres puis avec les ions calcium combinés avec l'indicateur coloré qui vire alors de la couleur rouge au violet.

- **Mode opératoire**

(I) Ca^{2+}

- ✓ Prendre 50 ml d'eau à analyser de chaque échantillon
- ✓ Ajouter 2 ml de NaOH à 2 N.
- ✓ Ajouter du Murexide.
- ✓ Titrer avec l'E.D.T. A jusqu'au virage (violet).

(II) $\text{Ca}^{2+}\text{Mg}^{2+}$

- ✓ Prendre 50 ml d'eau à analyser.
- ✓ Ajouter 2 ml de NH_4OH (pH =10,1).
- ✓ Ajouter le Noir Eriochrome (NET)
- ✓ Titrer avec l'E.D.T.A jusqu'au virage (bleu).

- **Expression des résultats**

La détermination de la concentration du Calcium en mg/l est donnée par la formule suivante :

$$[\text{Ca}^{2+}] \text{ en mg/l} = \frac{V_1 \times N_{\text{EDTA}} \times F \times M_{\text{Ca}^{2+}} \times 1000}{\text{P.E}}$$

❖ Où : V_1 : Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.

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

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

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

F : Facteur de dilution = 5.

❖ Donc :

$$[\text{Ca}^{2+}] \text{ en mg/l} = V_1 \times F \times 8 \quad (3)$$

La détermination du Magnésium en mg/l est donnée par la formule suivante :

$$\frac{(V_2 - V_1) \times N_{\text{EDTA}} \times F \times M_{\text{Mg}^{2+}} \times 1000}{\text{P.E}}$$

❖ D'où :

V_2 : Volume total d'E.D.T. A

V_1 : Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.

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

$M_{\text{Mg}^{2+}}$: Masse molaire du Magnésium en g/mol.

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

F : Facteur de dilution = 5.

❖ Donc : $[\text{Mg}^{2+}]$ en mg/l = $(V_2 - V_1) \times F \times 4.86$ (4)

➤ Dosage de sodium et de potassium

Appareil : Photomètre à flamme (Dr LANGE (JENWAY))

• Mode opératoire

Il faut le suivre étape par étape :

- Allumer l'appareil à l'aide du bouton vert (Power).
- Ouvrir le robinet de la bouteille du gaz.
- Allumer la flamme à l'aide du bouton noir "IGNITION" sans lâcher le doigt jusqu'à l'affichage "FLM" en rouge sur l'écran.
- Pipeter de l'eau distillée remplie dans une cuvette.
- Optimiser la flamme si elle est jaune à l'aide du bouton " fuel " jusqu'à ce que la couleur devienne bleue violacée.
- Optimiser à zéro à l'aide du bouton "Blanc".
- Laisser se stabiliser 5 à 10 minutes.

- Une fois qu'elle se stabilise à zéro, activer la cuvette d'eau distillée et la remplacer par une autre cuvette remplie par une solution étalon de Na^+ ou du K^+ à 10 mg/l.
- Optimiser à 10 mg/l à l'aide du bouton "FINE"
- Retirer la cuvette remplie par une solution étalon de " Na^+ " ou de " K^+ " à 10 mg/l et la remplacer par une cuvette remplie d'eau distillée et vérifier si l'écran affiche zéro (0.000).
- Retirer la cuvette remplie par l'eau distillée et la remplacer par une cuvette remplie par une solution étalon de " Na^+ " ou de " K^+ " à 10 mg/l et vérifier si l'écran affiche (10).
- Retirer la cuvette et la remplacer par une autre cuvette remplie d'eau distillée.
- A la fin, passer aux échantillons inconnus jusqu'à ce que la valeur affichée sur l'écran soit stable (3 essais pour chaque échantillon).
- A la fin du dosage et par mise de la sécurité, il faut toujours fermer la bouteille de gaz propane en premier lieu ensuite l'appareil et la pompe.

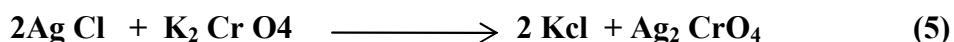
- **Expression des résultats**

Le résultat est donné directement en mg/l.

- **Détermination des chlorures (Cl^-)**

- **Principe**

Réaction des ions chlorure avec des ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui est précipité quantitativement. Addition d'un petit excès d'ions argent et formation du chromate d'argent brun-rouge avec des ions chromates qui ont été ajoutés comme indicateur. Cette réaction est utilisée pour l'indication du virage. Durant le titrage, le pH est maintenu entre 5 et 9.5 afin de permettre la précipitation.



- **Mode opératoire**
 - Prendre 5 ml d'eau à analyser,
 - Ajouter 2 gouttes de K_2CrO_4 (coloration jaunâtre).
 - Titrer avec $AgNO_3$ à 0,01 N jusqu'à coloration brun rougeâtre.
- **Expression des résultats**

$$[Cl^-] \text{ en mg/l} = \frac{F \times V_{AgNO_3} \times N_{AgNO_3} \times M_{Cl^-}}{PE} \times 1000$$

$$[Cl^-] \text{ en mg/l} = V_{AgNO_3} \times 71 \times F. \quad (5)$$

V_{AgNO_3} : Volume d' $AgNO_3$ nécessaire pour le dosage de l'échantillon.

N_{AgNO_3} : Normalité d' $AgNO_3$

M_{Cl^-} : Masse molaire des chlorures.

F : facteur de correction du titre d' $AgNO_3 = 0.71$

PE : prise d'essai...

➤ Détermination des Sulfates (SO_4^{2-})

- **Principe**

Les ions sulfates sont précipités et passés à l'état de sulfate de baryum en présence de

$BaCl_2$.



❖ **Appareil** : le spectrophotomètre UV Visible

- **Mode opératoire**

- ✓ Prendre 20 ml d'eau à analyser puis compléter à 100 ml d'eau distillée.
- ✓ Ajouter 5 ml de la solution stabilisante.
- ✓ Ajouter 2 ml de chlorure de baryum.
- ✓ Agiter énergiquement pendant 1 mn.
- ✓ Passer au spectrophotomètre $\lambda = 420$ nm.

- **Expression des résultats**

$[\text{SO}_4^{2-}]$ mg/l = la valeur lue sur le spectrophotomètre x facteur de la dilution.

- **Détermination de l'alcalinité (HCO_3^-)**

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence des bicarbonates, carbonates et hydroxydes.

- **Principe**

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

- **Mode opératoire**

- ***Le titre alcalimétrique (TA)**

- D'une eau permet de connaître sa concentration en carbonates (CO_3) et en bases fortes, autrement dit son alcalinité.

- TA = 0 si le PH est inférieure à 8,3 et si l'eau contient du chlorure.**

- ***Détermination de $[\text{HCO}_3^-]$**

- ✓ Prendre 100 ml d'eau à analyser,
 - ✓ Noter son pH puis on a titré avec HCl à 0,1 N jusqu'à obtention d'un pH de 4,3.

- **Expression des résultats**

$$[\text{HCO}_3^-] \text{ mg/l} = \frac{V_A \times N_A \times M \text{HCO}_3^- \times 1000}{\text{P.E}}$$

$$[\text{HCO}_3^-] \text{ mg/l} = V_{A1} \times 61 \quad (7)$$

V_A : Volume d'acide versé.

N_A : normalité d'acide versé.

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

P.E : prise d'essai.

➤ **Substances indésirables**

A- Détermination de l'azote ammoniacal (NH_4^+)

- **Principe**

Mesure spectrométrique à environ 655nm du composé bleu formé par la réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium.

- **Mode opératoire**

- ✓ Prendre 40 ml d'eau à analyser
- ✓ Ajouter 4 ml du réactif **I**
- ✓ Ajouter 4 ml du réactif **II** et ajusté à 50 ml avec l'eau distillée puis attendre 1h. 30
- ❖ L'apparition de la coloration verdâtre indique la présence de : NH_4^+
- ❖ Effectuer la lecture à $\lambda=655 \text{ nm}$.

- **Expression des résultats**

Le résultat est donné directement en mg/l.

B- Dosage des nitrites (NO_2^-)

- **Principe**

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

- **Mode opératoire**

- ✓ Prendre 50 ml d'eau à analyser
- ✓ Ajouter 1 ml du réactif mixte
- ✓ Attendre 10mn.
- ❖ L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO_2^- .

Effectuer la lecture à $\lambda=543$ nm.

- **Expression des résultats**

Le résultat est donné directement en mg/l.

C-Dosage des nitrates (NO_3^-)

- **Principe**

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

- **Mode opératoire**

- ✓ Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser. (pour chaque échantillon)
- ✓ Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30 %.
- ✓ Ajouter 1 ml de salicylate de sodium.
- ✓ Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75 - 88° C.

(Ne pas surcharger ni surchauffer très longtemps) laisser refroidir.

- ✓ Reprendre le résidu avec 2 ml de H_2SO_4 laissé reposer 10 mn.
- ✓ Ajouter 15 ml d'eau distillée.
- ✓ Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium puis passé au spectrophotomètre au 420 nm.

- **Expression des résultats**

Le résultat est donné directement en mg/l à une longueur d'onde de 420 nm.

Multiplier par 4,43 pour obtenir le résultat en NO_3^-

D-Détermination des phosphates (PO_4^{3-})

- **Principe**

Formation en milieu acide d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium. Réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption l'une vers 700 nm, l'autre plus importante à 880 nm.

- **Mode opératoire**

- ✓ Prendre 40 ml d'eau à analyser. (pour chaque échantillon)
- ✓ Ajouter 1 ml acide ascorbique
- ✓ Puis 2 ml du réactif mixte.
- ✓ Attendre 10 nm le développement de la couleur bleue.
- ✓ Effectuer la lecture à une longueur d'onde de 880 nm.

- **Expression des résultats**

Le résultat est donné directement en mg/l.

IV-5-3- Analyse bactériologiques

➤ **Le contrôle microbiologique de l'eau source**

Les germes recherchés sont:

- Germes aérobies mésophiles totaux à 22 C° et 37°C.
- Coliformes totaux à 37°C.
- Coliformes Fécaux à 44°C.
- Streptocoques Fécaux à 37°C

IV-5-3-1- Recherche et dénombrement des germes dans l'eau

➤ Recherche et dénombrement des germes mésophiles totaux

• Principe

La recherche et le dénombrement des germes mésophiles totaux se réalise à deux températures différentes afin de cibler a la fois les micro-organismes à tendance psychrophiles soit à 22°C et ceux franchement mésophiles soit 37°C.

❖ Mode opératoire

- ✓ Prélever 1ml d'eau a analysé à l'aide d'une pipette graduée
- ✓ Disposer par goutte dans la boite pétrie (20gouttes) par boite
- ✓ Ajouter 15ml de la gélose PCA
- ✓ Agiter sous forme de 8 (circulaire)
- ✓ Mettre dans l'incubateur l' échantillon à 37°C et 22°C
- ✓ La lecture les résultats après 48H et 72H

➤ Coliformes totaux et fécaux

❖ Mode opératoire

- ✓ Flambrer la surface supérieure de la rampe de filtration ainsi que la plaque poreuse (en ouvrant le robinet pour aspirer la flamme) et le réservoir.
- ✓ Laisser refroidir.
- ✓ Prélever une membrane de son emballage à l'aide de pince stérile (flambée et refroidie).
- ✓ Poser sur la plaque poreuse de la rampe de filtration
- ✓ Agiter soigneusement le flacon a analysé.
- ✓ Verser stérilement 100ml d'eau
- ✓ Ouvrir le robinet pour laisser l'eau s'écouler.
- ✓ Dès que la membrane parait sèche enlever le réservoir et prélever la membrane avec une pince stérile en la saisissant par son extrême bord.
- ✓ Déposer la membrane sur le milieu de culture (gélose tergitol) en prêtant attention à ne pas piéger de bulles d'air.
- ✓ l' Incubation à 37°C des boites pétries pour les coliformes totaux et 44°C pour les coliformes fécaux, le couvercle vers le bas.

- ✓ La lecture se fait après 24H d'incubation.

➤ **Streptocoques fécaux**

❖ **Mode opératoire**

- ✓ Placer le filtre sur la membrane.
- ✓ Déversé dans l'entonnoir graduer (placer sur la rompe) 100ml d'eau à analyser.
- ✓ Mettre en marche la pompe à vide pour vider l'eau.
- ✓ Retirer le filtre et les disposé dans la boîte pétrie.

Après filtration, les membranes sont déposées sur le milieu puis incubé à 37°C pendant 48H.

IV-6- Conclusion

Les analyses faites au laboratoire ont été effectué par les méthodes volumétriques et spectre-photométriques pour les paramètres physico -chimiques et la méthode par filtration sur membrane et ensemencement dans la masse pour les paramètres bactériologiques.

V-1- Introduction

La qualité d'une eau de source est caractérisée par un certain nombre de paramètres physiques et chimique, la température, le pH, la conductivité et les teneurs en éléments chimiques dissous sont en fonction de la nature lithologique des formations traversées.

L'eau destinée à la consommation humaine ne doit pas présenter des paramètres, dont les concentrations dépassent les valeurs limites définies par l'Organisation Mondiale de la santé (OMS) mise en place à Genève 1991 et par la normalisation Algérienne.

Les analyses ont pour but d'évaluer la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau des huit sources. La composition minérale des eaux dépend généralement des terrains traversés, principalement des différentes couches géologiques ainsi que la charge physico -chimique et biologique des eaux d'infiltrations.

En ce qui concerne les eaux étudiées, les analyses ont permis de révéler les résultats ci - dessous qui seront comparés aux normes Algériennes.

V-2- Les résultats obtenus:

Les résultats des analyses des eaux de huit sources de la wilaya d' Ain Defla sont représentés dans les tableaux suivants tel que :

S₁(Driaat), S₂ (Ain El Dem), S₃ (Hammama), S₄ (Ain El karma), S₅ (Tunnel), S₆ (Ain Hodi), S₇ (Ain Mred), S₈ (Talaouchiba)

V-2- 1- Analyses organoleptiques :

Les résultats des paramètres organoleptiques de huit sources sont présentés dans le tableau V-7 :

Tableau V-7 : les résultats des analyses organoleptiques.

Echantillon	Coloration	Odeur	Saveur
S₁(Driaat)	Incolore	Aucune odeur	Agréable
S₂ (Ain El Dem)	Incolore	Aucune odeur	très agréable
S₃(Hammama)	Incolore	Aucune odeur	Agréable
S₄ (Ain el karma)	Incolore	Aucune odeur	Agréable
S₅(Tunnel)	Incolore	Aucune odeur	Agréable
S₆ (Ain Hodi)	Incolore	Aucune odeur	Agréable
S₇ (Ain Mred)	Incolore	Aucune odeur	Agréable
S₈ (Talouachiba)	Incolore	Aucune odeur	Agréable

V-2-2- Analyse physico-chimiques

V-2-2-1- Paramètres physiques

Les résultats des analyses physico-chimiques de huit sources sont regroupés dans le tableau 8.

Tableau V-8: les résultats des analyses physiques

Paramètres	Normes Algériennes [57]	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
pH	6,5-9	6.86	7.29	6.87	7.05	6.94	7.14	6.95	7.19
Température (°C)	25°C	18.1	17.1	21.1	16.6	19.8	21.8	20.3	22.2
Conductivité	2800 μ S /cm	996	418	1238	988	1324	1696	1052	1043
Turbidité	5 NTU	0.5	0.61	0.85	0.29	1.01	0.35	0.017	0.17

V-2-2-2-Paramètres chimiques

Les résultats des analyses chimiques sont présentés dans le tableau V-9:

Tableau V-9: les résultats des analyses chimiques.

Paramètres	Normes Algériennes [57]	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
Dureté totale (mg/l en CaCO₃)	500 mg/l en CaCO ₃	350	140.4	520	350	510	510	400	530
TA	/	0	0	0	0	0	0	0	0
HCO₃⁻ (mg/l)	/	274.5	128.1	445.3	323.3	457.5	366	384.3	341.6
Ca²⁺ (mg/l)	200 mg/l	108	48	180	96	116	108	132	104
Mg²⁺ (mg/l)	50 mg/l	19.44	4.86	17.01	26.73	53.46	58.32	17.01	65.61
K⁺ (mg/l)	12 mg/l	0.8	1.2	3.5	2.5	4	0.5	7	34.1
Na⁺ (mg/l)	200 mg/l	66	31.5	55	62	62	127.5	38	10.8
Cl⁻ (mg/l)	500 mg/l	146.2	65.53	90.73	105.9	90.73	191.6	65.53	50.41
[SO₄²⁻]	400 mg/l	73.18	28.08	216.8	88.05	294.9	162.8	123.2	266.7

V-2-2-3- Paramètres de pollution

Tableau V-10 : les résultats d' analyse des paramètres de pollution

paramètres mg/l	Caractéristiques des Prélèvements								
	Normes Algériennes [57]	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈
[NO ₃ ⁻](mg/l)	50 mg/l	11.3	9.23	53	3.6	2.08	79.8	42.6	56.5
[NO ₂ ⁻](mg/l)	0.2 mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0
[NH ₄ ⁺](mg/l)	0.5 mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0
[PO ₄ ³⁻](mg/l)	/					0.28	0.38	0.4	0.73

V-2-2-4- Analyse bactériologique

Les résultats des analyses bactériologiques des eaux sont représentés ci-dessous:

Tableau V-11: les résultats d' analyse bactériologique

Paramètres	Coliformes totaux (colonies/100ml)	Coliformes fécaux (colonies/100ml)	Streptocoques fécaux (colonies/100 ml)	Germes totaux (colonies/1 ml)	
				22°C	37°C
Normes Algériennes [57]	00	0	0	10	10
S1	00	00	00	00	00
S2	00	00	00	00	00
S3	>200	04	00	04	25
S4	00	00	00	00	00
S5	>200	1	00	>300	>300
S6	00	00	00	00	>300
S7	>200	00	00	>300	>300
S8	01	00	00	38	00

V-3- Discussion générale

V-3-1- Etude de la potabilité des eaux

V-3-1-1-Interprétation des résultats obtenus pour les paramètres organoleptiques :

Pour la qualité organoleptique l'eau doit être agréable a boire, fraîche et sans odeur. Tous les échantillons analysés présentent une bonne qualité organoleptique.

V-3-1- 2- Interprétation des résultats obtenus pour les paramètres physiques

- pH

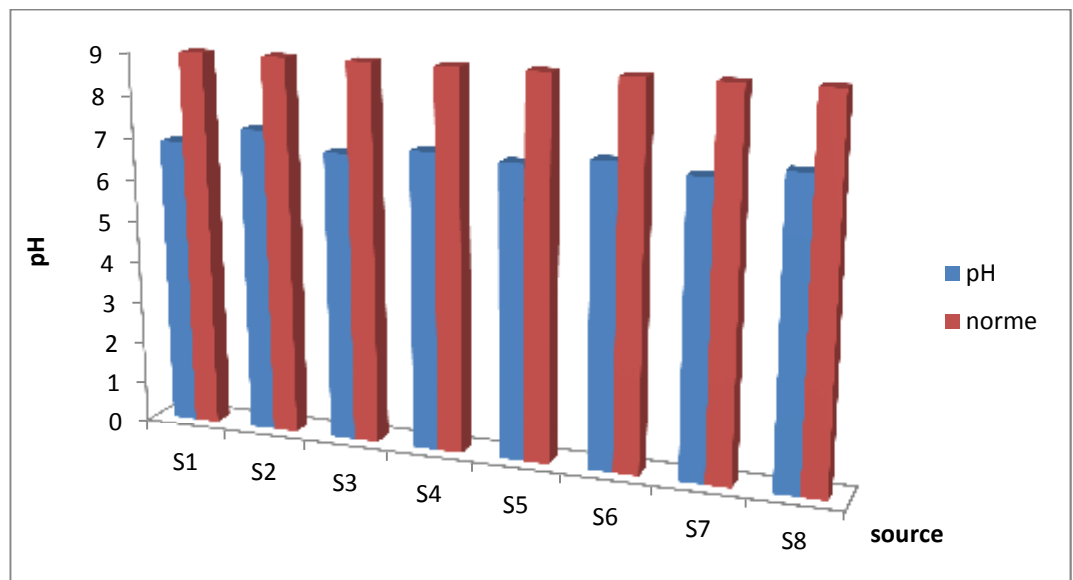


Figure V-6 : Comparaison des résultats du pH obtenus avec la norme

- ✓ Généralement les valeurs du pH obtenues varient de 6.86 à 7.29, indiquant des eaux généralement neutres. D'après la figure 6, on remarque que toutes les valeurs du pH des échantillons sont conformes à la norme.

- **Conductivité**

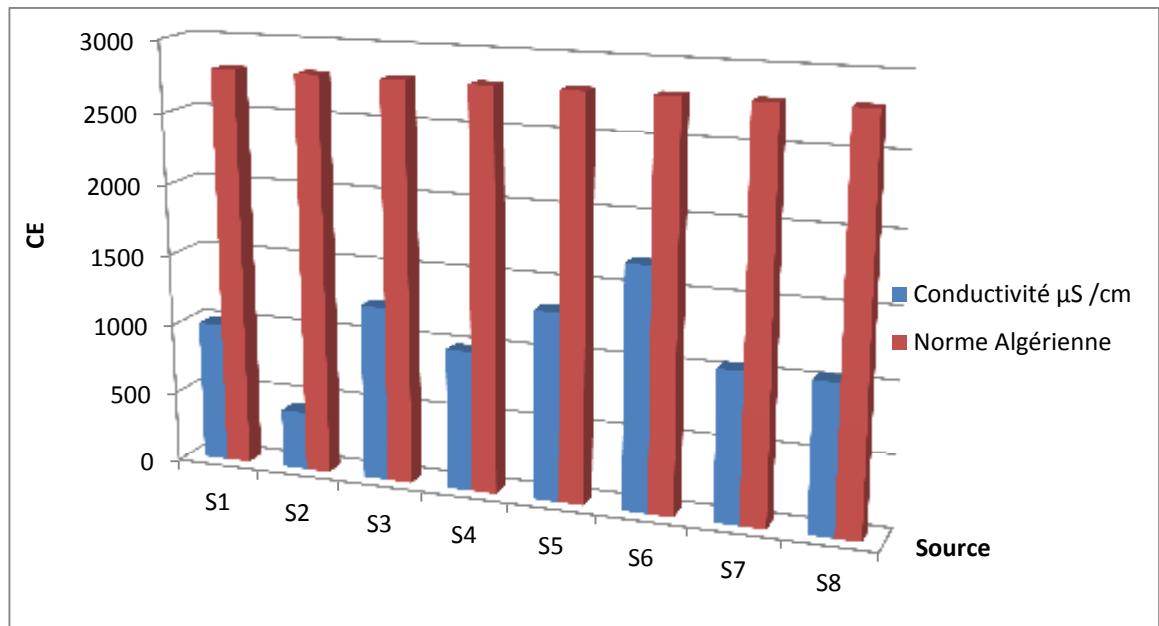


Figure V-7 : Comparaison des résultats du Conductivité obtenus avec la norme

- ✓ La conductivité électrique constitue un indicateur du degré de la minéralisation globale des eaux. Elle dépend de la concentration des ions et de la température. La totalité des valeurs de conductivité présentées par les échantillons (les eaux de sources) est inférieure à la valeur maximale recommandée (2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$) par la norme Algérienne.

- **La turbidité**

La turbidité traduit la présence des particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques...etc.). Toutes les valeurs de turbidité mesurée sont conformes à norme.

- **Température**

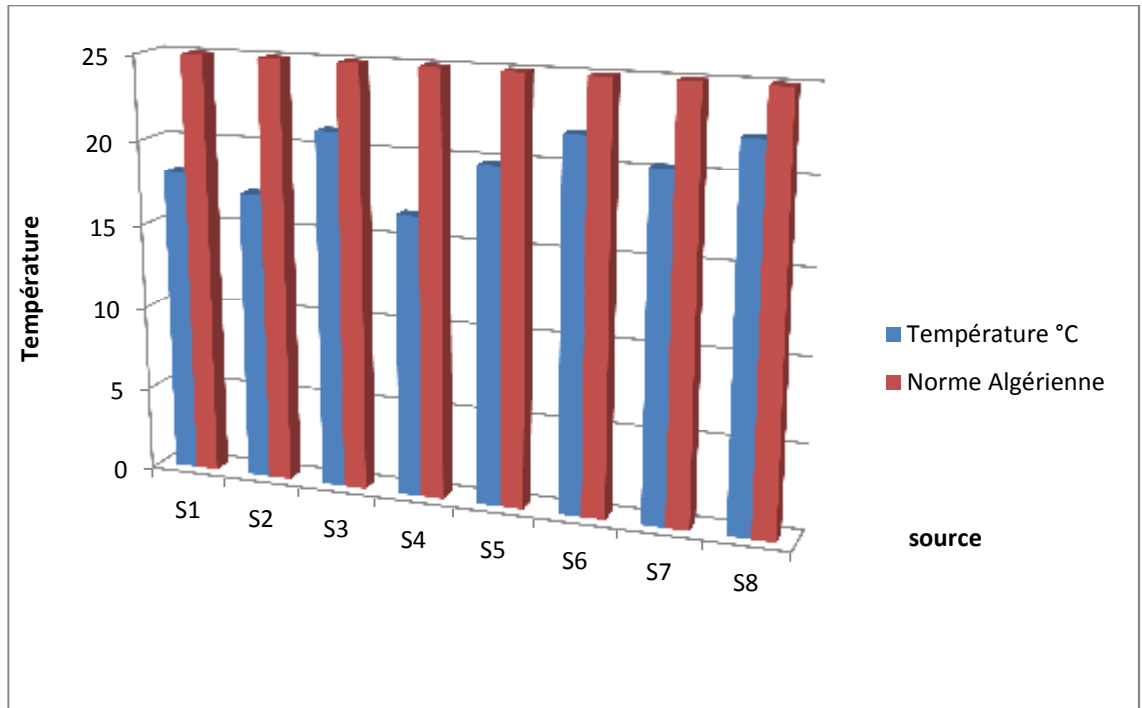


Figure V-8 : Comparaison des résultats des températures obtenus avec la norme

- ✓ La température de l'eau joue un rôle important dans la solubilité des sels et des gaz ainsi que sur la valeur du pH. La connaissance de ce paramètre permet aussi de donner des indications sur les profondeurs de circulation des eaux souterraines.

Dans cette étude, les températures des eaux source observées varient de 16.6 °C à 22.2 °C. On peut constater que toutes les valeurs sont conformes à la norme.

V-3-1- 3- Interprétation des résultats obtenus pour les paramètres chimiques

V-3-1- 3-1- Minéralisation globale

- Ca^{2+}

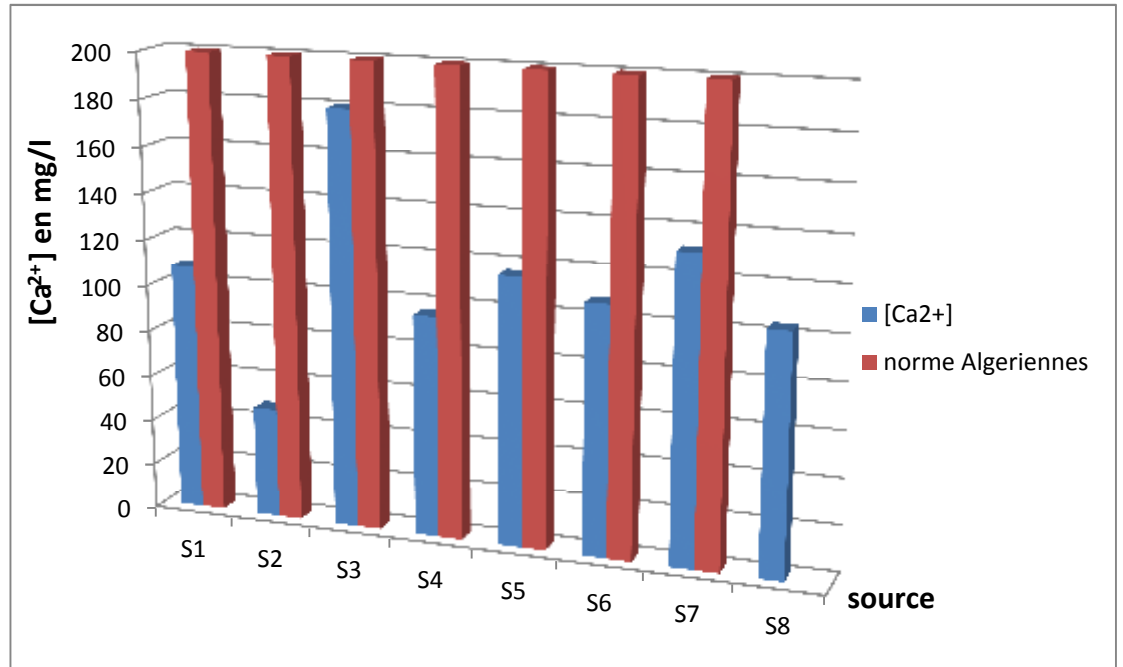


Figure V-9 : Comparaison des résultats du $[\text{Ca}^{2+}]$ obtenus avec la norme

- ✓ Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potable et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés, les teneurs en calcium des eaux contrôlées de tous les points étudiés sont toutes inférieures à la concentration maximale admissible (200mg/l).

- Mg^{2+}

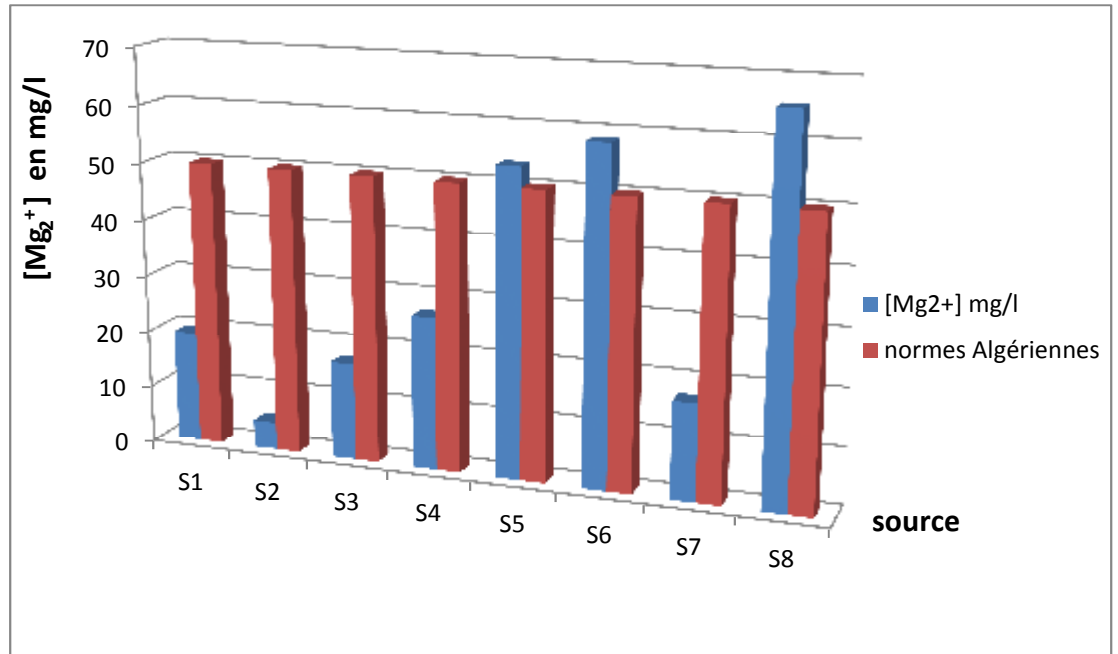


Figure V-10 : Comparaison des résultats du $[Mg^{2+}]$ obtenus avec la norme

- ✓ Second élément intervenant dans la dureté totale des eaux, le magnésium est moins abondant que le calcium et le sodium. En effet, la majorité des eaux de sources présente des teneurs inférieures à la norme admissible de 50mg/l, sauf les sources 5, 6, 8 présentent des teneurs supérieures à la norme. Donc on peut dire que :
- Source 1, 2, 3, 4, 7 sont conformes à la norme.
- Source 5, 6, 8 sont non conformes à la norme.

- **La dureté totale**

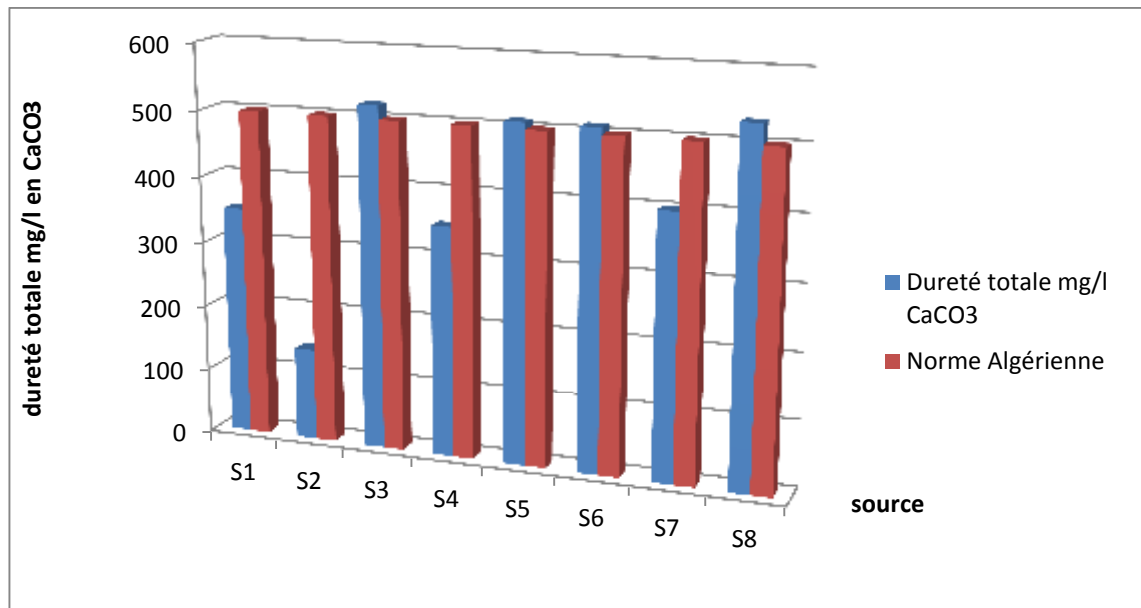


Figure V-11 : comparaison des résultats des duretés totales obtenus avec la norme

- ✓ La dureté est un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés et correspond à la teneur en calcium et en magnésium.
 - La dureté totale des échantillons S₁, S₂, S₄, S₇ présente des teneurs inférieures au seuil admissible [500mg/l en CaCO₃], celles-ci répondent aux normes indiquées par la réglementation Algérienne.
 - La dureté totale des échantillons S₃, S₅, S₆, S₈ présente des teneurs supérieures au seuil admissible [500mg/l en CaCO₃], donc ces eaux ne sont pas conformes à la réglementation Algérienne. On peut dire que ces eaux sont très dures.

- k^+

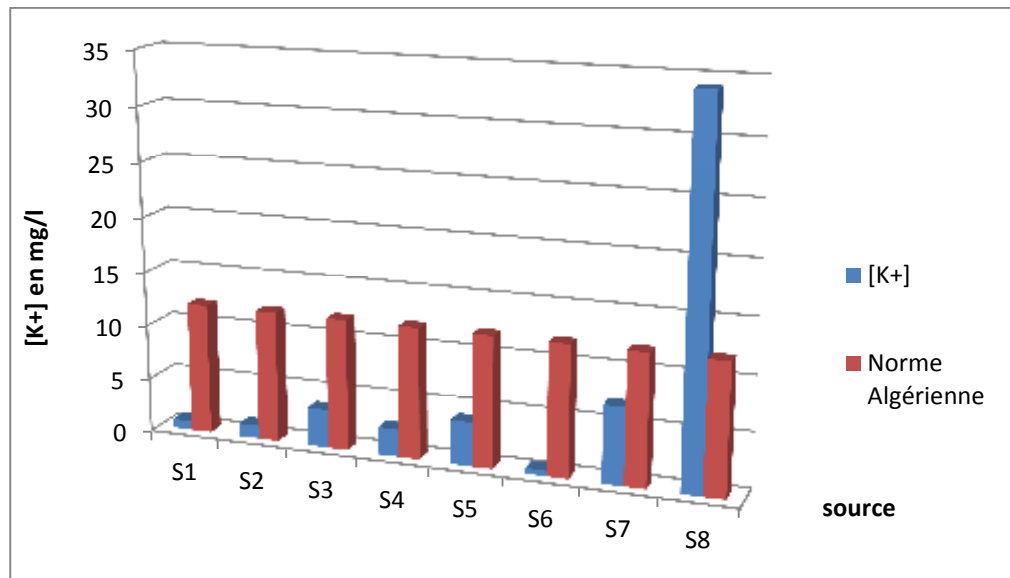


Figure V-12: comparaison des résultats du $[K^+]$ obtenus avec la norme

- ✓ Les teneurs en potassium sont en très faibles quantités dans les eaux, elles ne présentent pas d'inconvénient majeur, sauf la source 8 qui a présenté une teneur supérieure à la norme.

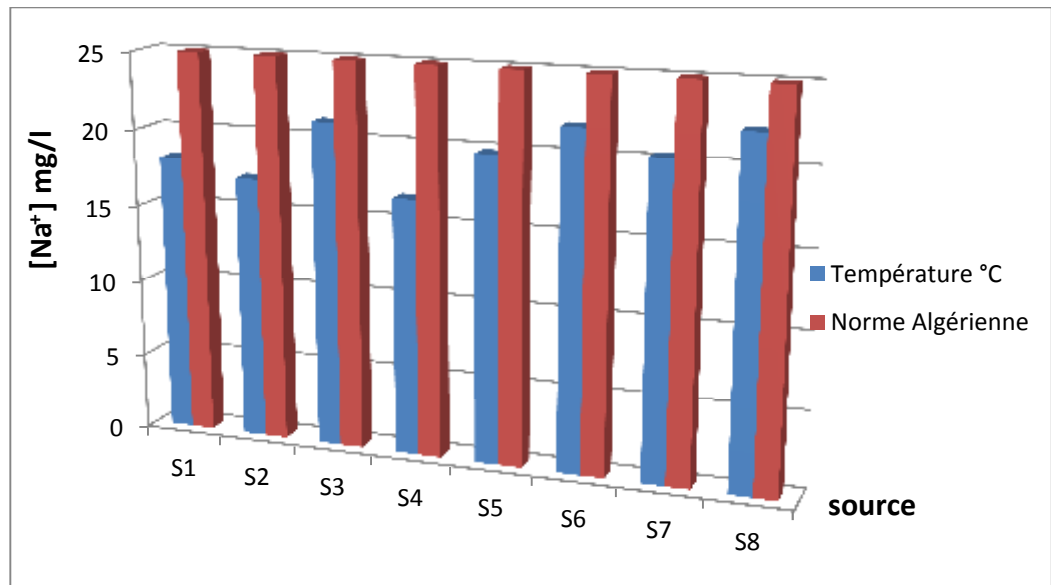
• Na^+ 

Figure V-13: comparaison des résultats du $[\text{Na}^+]$ obtenus avec la norme

La teneur en sodium admise par les normes Algériennes sont de l'ordre de 200 mg/l, généralement les teneurs en sodium des eaux de source étudiées sont conformes à la norme.

- SO_4^{2-}

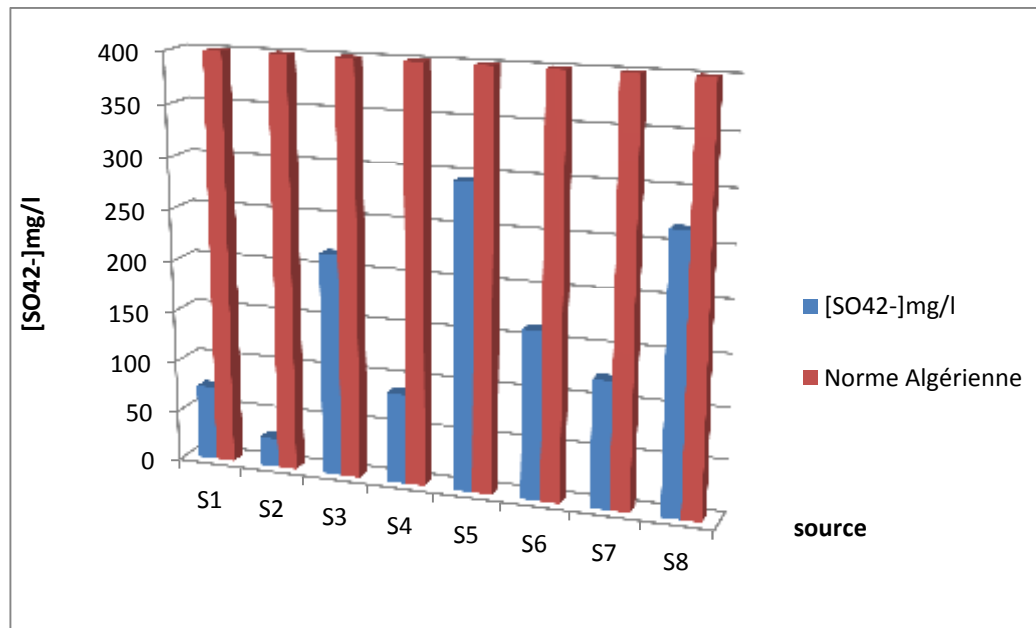


Figure V-14: comparaison des résultats du $[\text{SO}_4^{2-}]$ obtenus avec la norme

- ✓ Les teneurs en sulfates des eaux de sources étudiées varient entre 28 et 295 mg/l, la quasi-totalité est conforme à la norme, sauf pour les échantillons S5 et S8 on a remarqué que les teneurs sont supérieures à la norme ; donc ces eaux ne sont pas conformes à la norme.

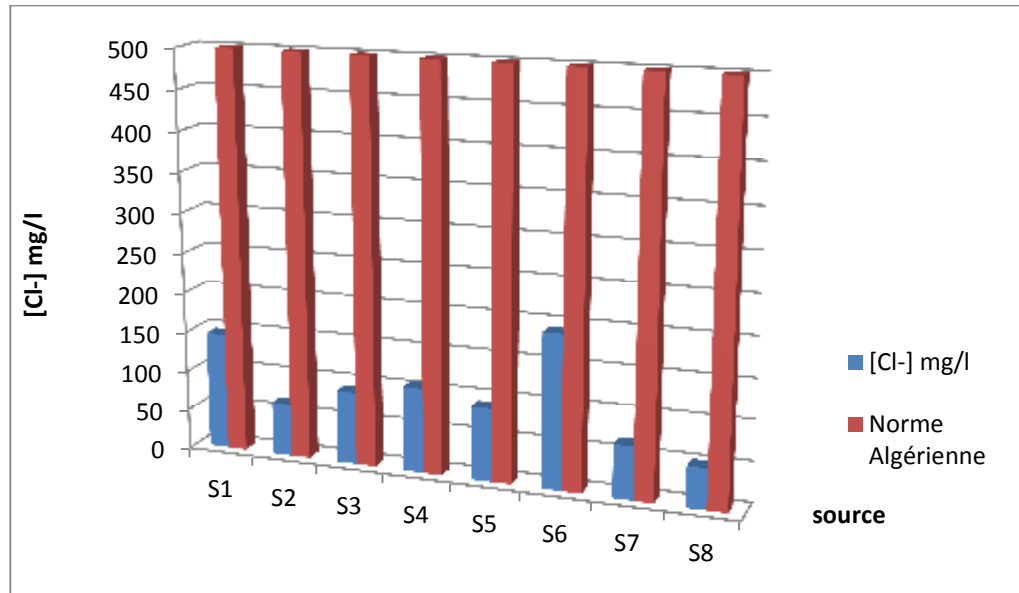
• Cl⁻

Figure V-15: comparaison des résultats du [Cl⁻] obtenus avec les normes

- ✓ Les teneurs en chlorure des échantillons traités sont conformes à la norme Algérienne.

V-3- 1-3- 2- Éléments indésirables

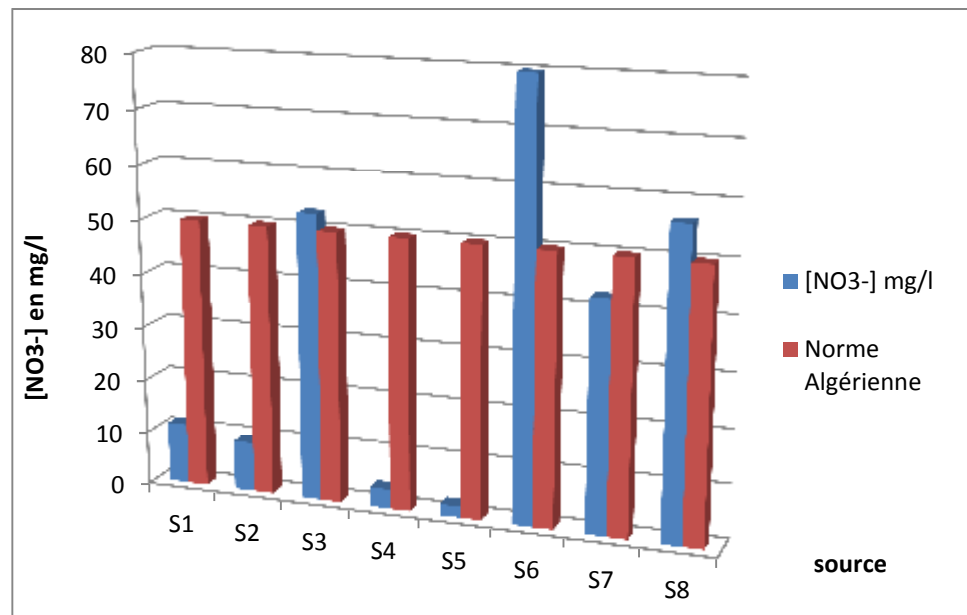
• NO_3^- 

Figure V-16: Comparaison des résultats du $[\text{NO}_3^-]$ obtenus avec la norme

Il est recommandé pour le cas des nitrates, une valeur de 50mg/l dans une eau destinée à la consommation.

- ✓ Les résultats des analyses des eaux de sources ont révélé que les teneurs en NO_3^- varient entre 2.08 et 79.79 mg/l donc; on a constaté qu'il y a un dépassement de norme pour les sources 3, 6, 8 donc ces eaux ne présentent pas une conformité à la norme, ce qui indique une pollution.

La présence de nitrate dans ces eaux qui sont considérées protégées peut être expliquée soit par une pollution organique d'origine inconnue soit par un lessivage des produits chimiques utilisés en agriculture (type engrais azoté) d'autant plus que la région est à caractère agricole. Ces eaux nécessitent un traitement avant leurs utilisations en AEP.

- PO_4^{3-}

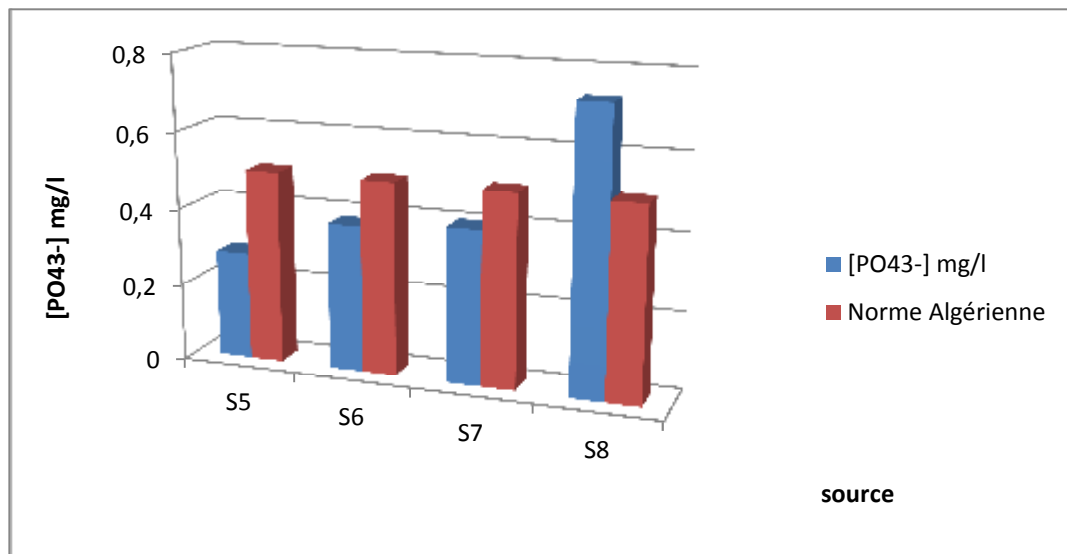


Figure V-17: Comparaison des résultats du $[\text{PO}_4^{3-}]$ obtenus avec la norme

- ✓ On remarque que les teneurs en phosphates sont conformes à la norme sauf pour la S_8 .

L'excès de phosphore pour la source 8 peut être traduit par le fait que l'eau profonde traverse des sols de différentes nature chimique qui peuvent être riche en phosphate ce qui mérite d'être vérifié par les spécialistes en géologie.

V-3-2-Interprétation des résultats obtenus pour les paramètres microbiologiques

V-3-2-1- les Germes totaux

Le dénombrement des germes totaux est considéré comme un type d'indicateurs beaucoup plus général, vis-à-vis de toute pollution microbiologique; celui-ci détermine la totalité de la charge bactérienne. La stabilité des dénombrements bactériens est donc un bon signe de protection. Les échantillons S_1, S_2, S_4 analysés répondent aux normes dont la valeur ne doit pas dépasser 10 colonies dans 100 ml d'eau, à l'exception des échantillons S_3, S_5, S_6, S_7, S_8 à 37°C .

Ces germes n'ont pas d'effets directs sur la santé, mais sont des indicateurs qui révèlent la présence possible d'une contamination bactériologique. Leur absence est un signe d'efficacité de la filtration naturelle.

V-3-2-2- Coliformes totaux

Les coliformes totaux se trouvent généralement dans la nature associés à la matière organique en décomposition. On note l'absence des coliformes totaux dans les échantillons S₁, S₂, S₄, S₈; donc ces eaux sont conformes aux normes.

On note la présence des coliformes totaux dans les échantillons S₃, S₅, S₇, où le nombre de colonies est supérieure à 200 colonies par 100 ml donc cette eau n'est pas conforme aux normes (0 nb/100 ml). Ces eaux sont considérées impropres à la consommation et une désinfection d'eau doit être effectuée. La contamination par les coliformes totaux dans ce cas, peut provenir d'une infiltration d'eau de surface.

V-3-2-3- Coliformes fécaux

Les coliformes fécaux sont des bactéries d'origine fécale qu'on retrouve dans le tube digestif des humains et des animaux, elles sont considérées comme étant des organismes indicateurs de pollution.

La réglementation Algérienne exclue impérativement la présence des coliformes fécaux dans 100 ml.

On note l'absence des coliformes fécaux dans les échantillons S₁, S₂, S₄, S₆; S₇, S₆, S₈; donc ces eaux sont conformes aux normes.

On note la présence des coliformes fécaux dans les échantillons S₃ (04 nb/100ml), S₅ (01 nb/100ml). Donc l'eau de ces sources est considérée impropre à la consommation et une désinfection d'eau doit être effectuée. Leur présence dans les eaux témoigne d'une contamination fécale, probablement dû à un problème d'aménagement des sources, d'une installation septique défectueuse ou d'activités à proximité générant une pollution fécale comme l'épandage de fumier.

V-3-2-4- Streptocoques fécaux

La même exigence pour les coliformes fécaux est portée sur les Streptocoques fécaux. On note l'absence des streptocoques fécaux pour toutes les sources; donc ces eaux sont conformes aux normes.

V-3-3- Etude hydrochimique

- **Signification des faciès chimiques dans la région**

Les faciès chimiques sont couramment utilisés en hydrogéologie pour la description de la composition des eaux naturelles. La nécessité d'une aisée voire une classification des eaux naturelles nécessite l'utilisation des représentations graphiques.

De ce fait, plusieurs représentations sont utilisées parmi lesquelles on peut citer :

Le diagramme de Piper, le diagramme semi-logarithmique de Schöeller-Berkaloff, le diagramme de Stiff, le diagramme à coordonnées rayonnantes...

Dans notre étude, seules deux représentations graphiques qui ont été retenues et utilisées:

Le diagramme semi-logarithmique de Schöeller- Berkaloffet, le diagramme de Piper.

1- Classification de schoeller

La projection des différents résultats d'analyses des eaux des trois sources étudiées sur le diagramme de Schoeller-Berkaloff a permis de déterminer les différents faciès hydrochimiques des huit source étudiées (voir l'annexe 6).

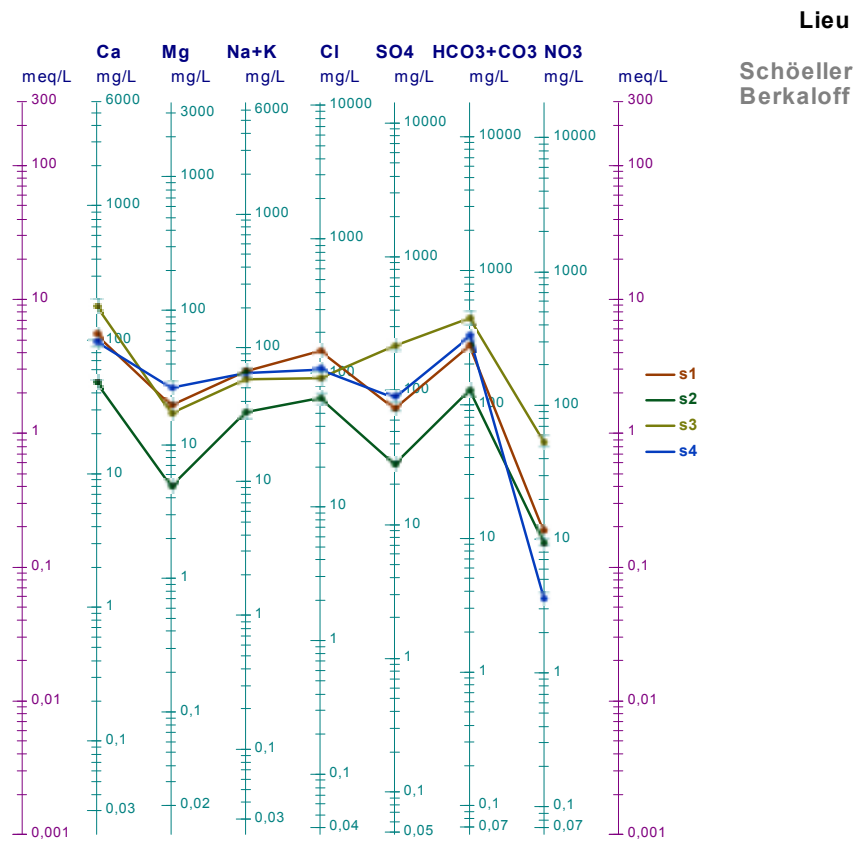


Figure V-18: Diagramme Schoeller pour les sources 1, 2, 3, 4

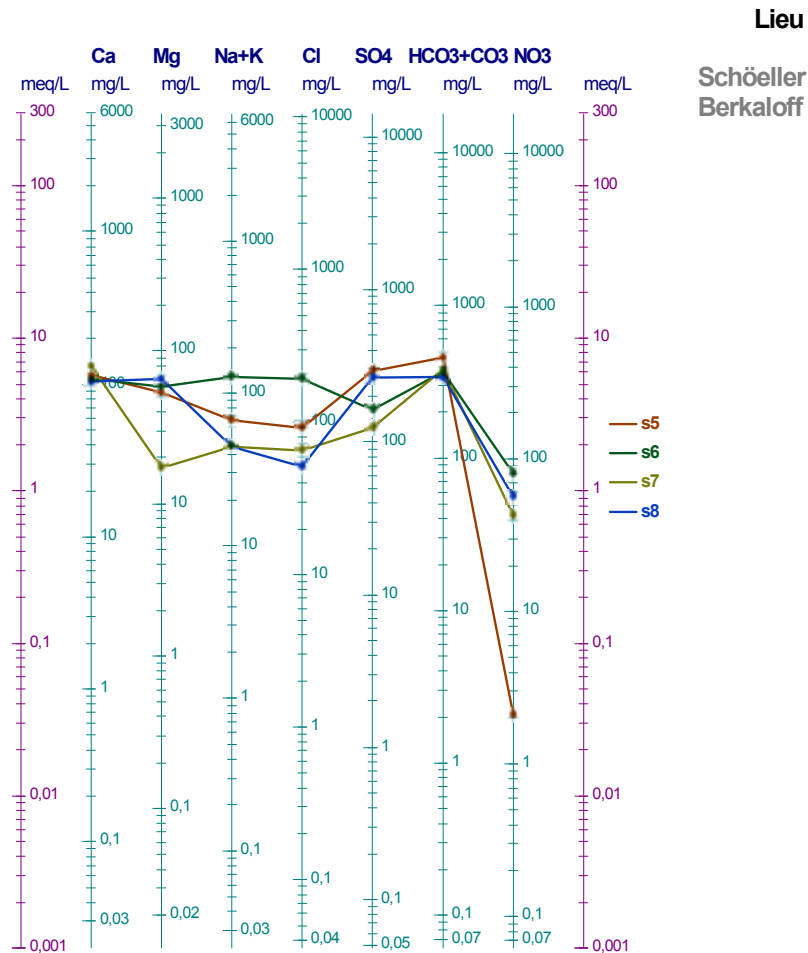


Figure V-19: Diagramme Schoeller pour les sources 5, 6, 7, 8

- La projection des différents résultats d'analyses des eaux des huit sources étudiées sur le diagramme de Schoeller-Berkaloff a permis de déterminer les différents faciès hydrochimiques :
- S₁, S₂, S₃, S₄, S₅, S₇: Le faciès hydrochimiques de ces eaux est bicarbonaté calcique.
 - S₆: Le faciès hydrochimiques est bicarbonaté chloruré.
 - S₈: Le faciès hydrochimiques est sulfaté calcique.

2- Classification de piper

D'après le positionnement des points sur le diagramme de Piper, il en ressort que les eaux des huit sources font apparaitre plusieurs familles de faciès hydrochimique basés sur les proportions des cations et des anions dominants (voir l'annexe 7)

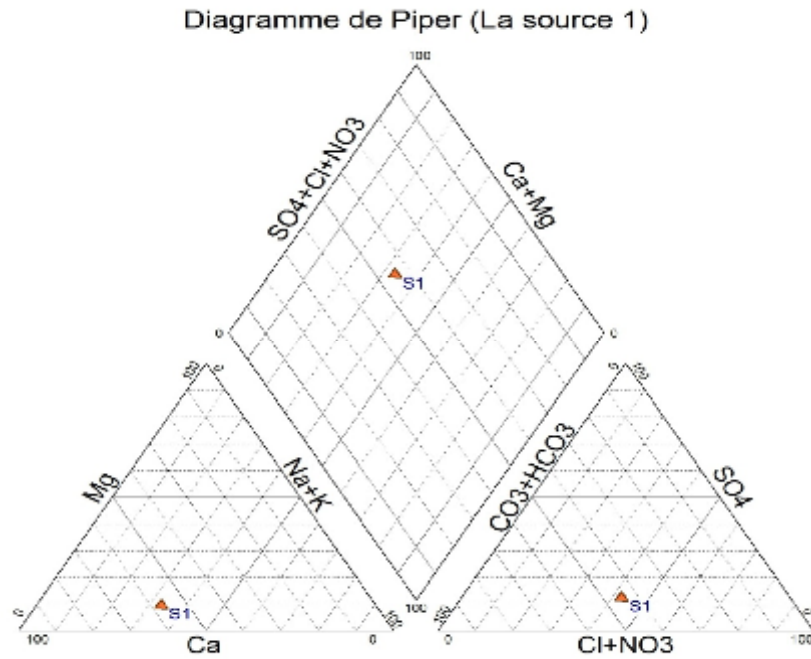


Figure V-20: Diagramme de piper pour la source 1

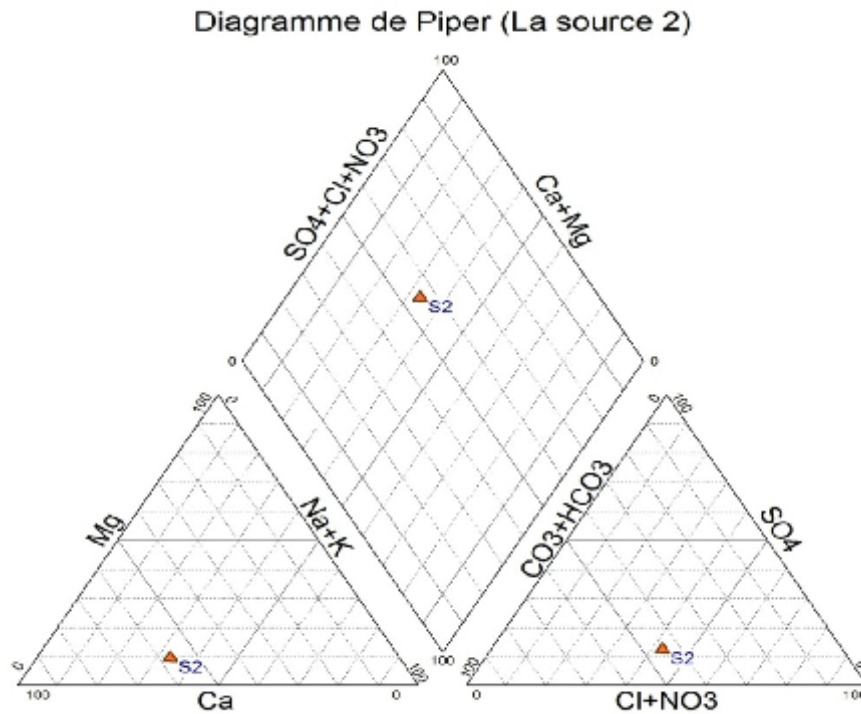


Figure V-21: Diagramme de piper pour la source 2

❖ L'examen des représentations graphiques obtenues (figure V-20 et Figure V-21), permet de déduire les interprétations suivantes :

- Dans le triangle des cations, le calcium est dominant par rapport au magnésium,
- Dans le triangle des anions, aucun anion en dominance.

A partir du diagramme de piper pour les sources 1 et 2 on peut révéler que le faciès chimique de ces eaux est **chloruré et sulfaté calcique et magnésienne**,

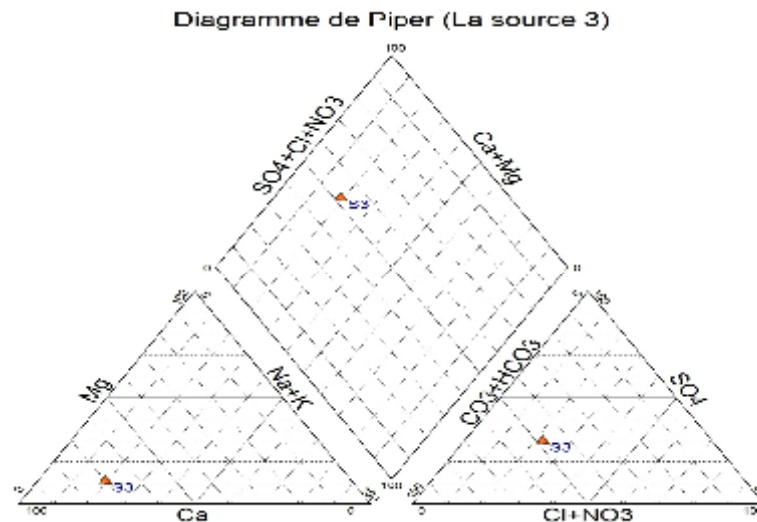


Figure V-22: Diagramme de piper de pour la source 3

- ❖ L'examen de représentation graphique obtenue (figure V-22), permet de déduire les interprétations suivantes :
- Dans le triangle des cations, le calcium est dominant,
 - Dans le triangle des anions, aucun anion en dominance.
 - La classification hydrochimique de l'eau des sources 3 à partir du diagramme de piper montre que le faciès chimique de la source est **chloruré sulfaté calcique et magnésien**.

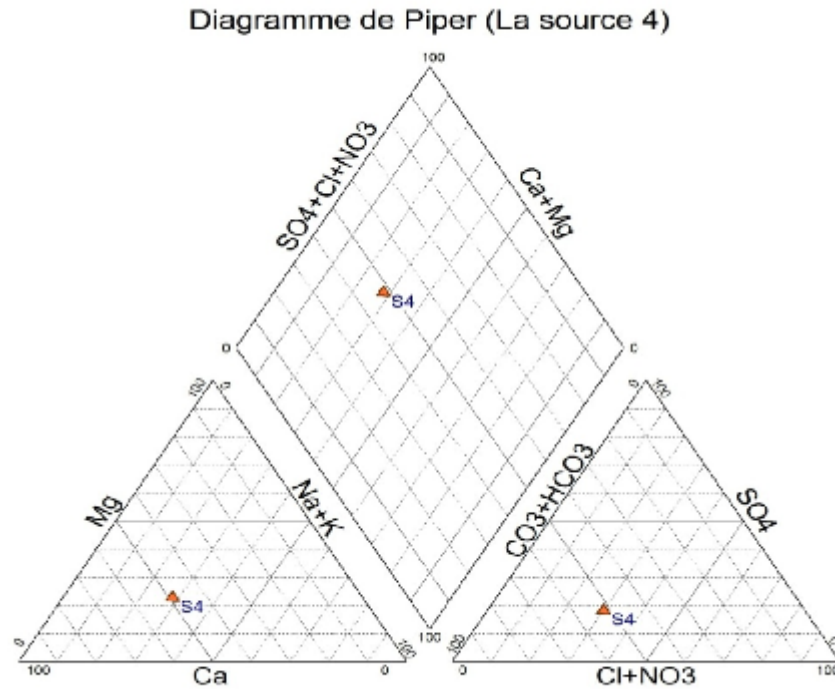


Figure V-23: Diagramme de piper pour la source 4

- ❖ L'examen des représentations graphiques obtenues (figure V-23), permet de déduire les interprétations suivantes :
 - Dans le triangle des cations, aucun cation en dominance,
 - Dans le triangle des anions, on peut constater qu'il y a une dominance de bicarbonate,

La classification hydrochimique de l'eau des sources 1 à partir du diagramme de piper montre que le faciès chimique de la source est **bicarbonaté calcique et magnésien**,

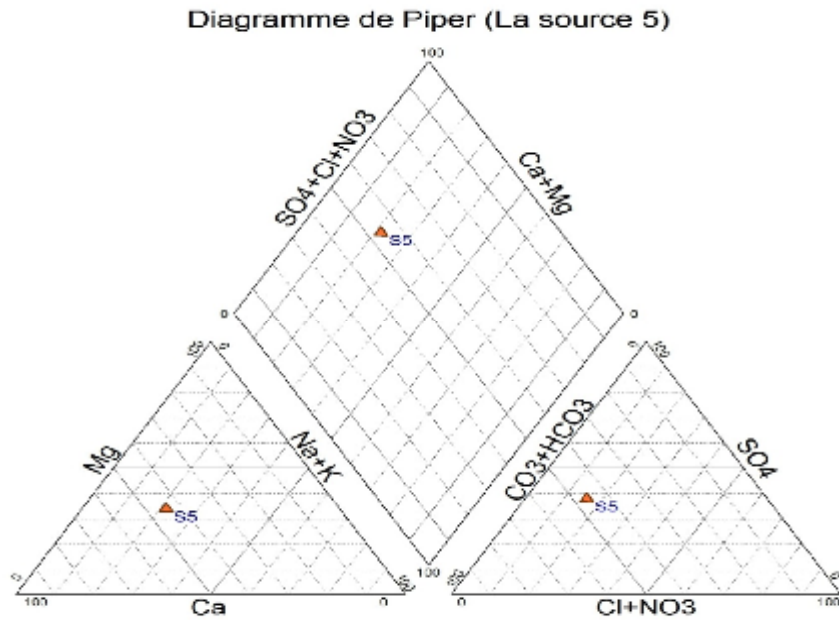


Figure V-24: Diagramme de piper pour la source 5

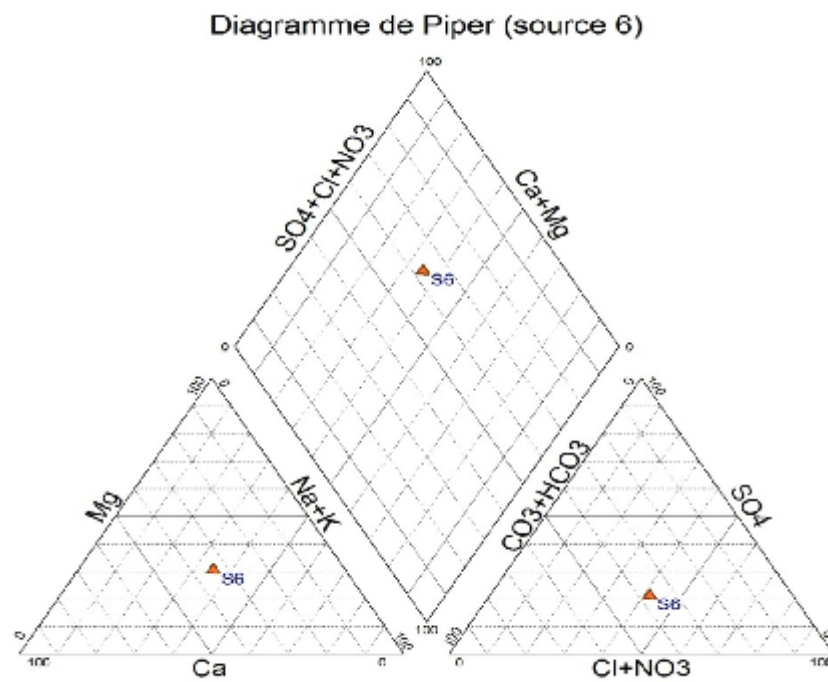


Figure V-25: Diagramme de piper pour la source 6

Pour le groupe S_5 , S_6 :

- Dans le triangle des cations, pas de dominance,
- Dans le triangle des anions, pas de dominance,

Le faciès chimique est **chloruré et sulfaté calcique et magnésien**.

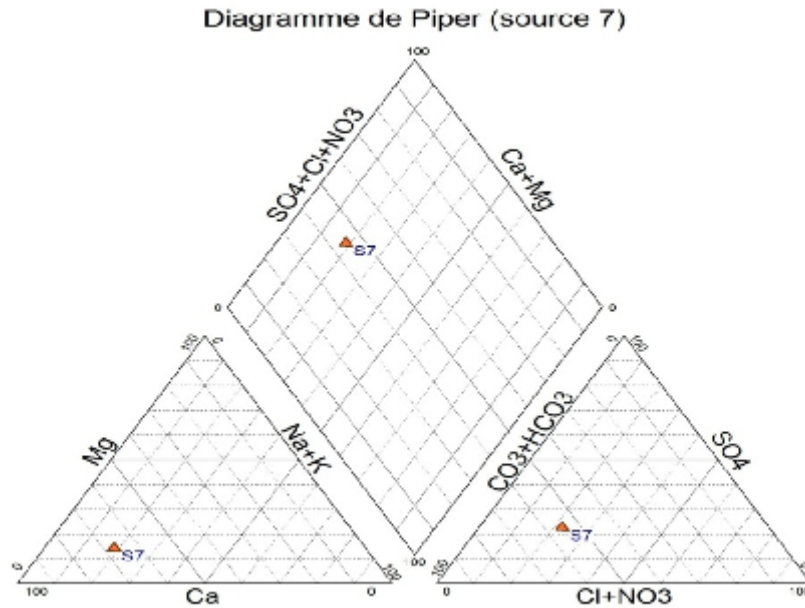


Figure V-26: Diagramme piper pour la source 7

Pour la S_7 :

- Dans le triangle des cations, le calcium est dominant,
- Dans le triangle des anions, on constate une dominance bicarbonatée,

Le faciès chimique est : **bicarbonaté calcique et magnésien**.

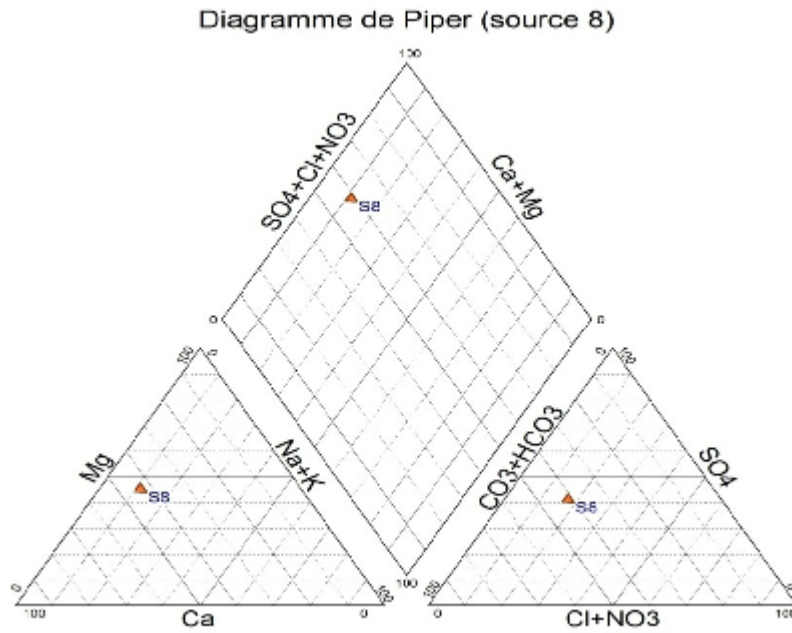


Figure V-27: Diagramme de piper pour la source 8

- Dans le triangle des cations, aucune dominance,
- Dans le triangle des anions, aucune dominance,

Le facies est chlorurée et sulfatée calcique et magnésien.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Les analyses physico-chimiques et microbiologiques sont les moyens pour valider la potabilité des eaux.

La présente étude, qui a pour objectif d'évaluer la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de quelques sources situées dans la wilaya d'Ain Defla a abouti aux conclusions suivantes :

Pour l'étude de potabilité

- L'analyse des paramètres organoleptiques a révélé que toutes les eaux de sources analysées présentent une bonne qualité de ces paramètres ;
- D'après nos analyses et selon les paramètres indicateurs de la qualité physico -chimique et bactériologique des eaux de consommation, les eaux de sources montrent :
 - La majorité des sources présentent des minéralisations très importantes.
 - Les eaux des sources: Hammama, Talouachiba, Ain Hodi, Tunel et sont très dures;
 - Les paramètres physico-chimiques analysés sont conformes aux normes Algériennes et OMS de potabilité, à l'exception des nitrates qui dépassent le seuil fixé à 50mg/l pour les sources : Ain Hodi, Talouachiba et Hammama; notre étude a indiqué un taux très élevé en nitrate pour la source Ain Hodi donc cette source est polluée et elle doit subir un traitement spécifique ;
 - L'examen bactériologique des eaux étudiées, montre la présence de germes indicateurs de pollutions tels que les germes totaux coliformes totaux et fécaux pour les sources : Hammama, Ain Hodi, Tunel, ainsi que la présence des streptocoques fécaux dans les échantillons. Leur présence peut être due à une infiltration des eaux résiduaires à travers des fosses septiques défectueuses ou aux activités génératrices de pollution autour du captage des sources. Donc ces eaux sont impropre à la consommation elles doivent subir une désinfection.
 - Par contre on a pu constater que les sources : Driaat et Ain El Dem marquent une absence absolue des germes indicateurs de pollutions.

- Ces résultats font que :

La majorité des eaux de sources étudiées ont une bonne qualité physico-chimique, sauf les sources Tunnel, Ain Hodi, Talouachiba, Hammama et Ain Mred sachant que : Talouachiba, Hammama et Ain Mred sont situés dans la même région (Miliana) présentent une mauvaise qualité bactériologique qui les rend impropres à la consommation humaine, ce qui implique la nécessité d'une désinfection.

De tous ce qui précède on peut déterminer que les meilleures sources qui présentent une bonne qualité physico chimique et microbiologique sont : Driaat et Ain El Dem.

A la fin Les eaux naturelles constituent un milieu complexe; si leur composition est en relation direct avec les constituants des sols et des couches géologiques traversées, la qualité des eaux est largement affectée par le couvert vegetal, les pratiques agricoles, l'urbanisation et plus généralement par l'activité économique développée dans les zones où elles coulent.

La surveillance de la qualité des eaux et la lutte contre les pollutions doivent être menées afin de satisfaire aux normes de qualité fixés par l'Etat Algérien et pour garantir une eau de bonne qualité aux citoyens.

Pour protéger ces sources contre la pollution diverses recommandations semblent être nécessaires:

- Identification des sources de pollution dans le bassin versant qui draine la source ;
- Installation des périmètres de protections autour de l'émergence de l'eau, règlementer et surveiller les activités menées sur la surface drainée par les nappes qui alimentent les sources ;
- Effectuer un traitement de désinfection au niveau des sources pour suspendre la pollution biologique surtout en période d'été, en préservant la santé des citoyens contre les maladies à transmission hydriques ;
- Organiser des campagnes de sensibilisations des populations au respect des règlements et à stopper toutes activités génératrices de pollution à proximité des captages.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] **F. Rakotondrabe**, "Etude de la vulnérabilité des ressources en eau aux changements climatiques, modélisation par le logiciel WEAP 21 : cas du bassin versant de Morondava (Sud-ouest de Madagascar) ", Mémoire de recherches pour l'obtention du diplôme d'études approfondies en Hydrogéologie.
- [2] **A. Gartet, J. Gartet, G. Conesa**, "Hydrochimie des eaux, dissolution spécifique et salinité des cours d'eau dans le bassin de l'oued L'ébène (Périf central, Maroc) ", Papeles de Geografía, Revue de l'Université de Murcia, vol, 2001, 34, 143,161.
- [3] **N. Bouziani née boubou**, "Eau, environnement et énergies renouvelables : vers une gestion intégrée de l'eau en Algérie", Mémoire Doctorat, 2014 – 2015.
- [4] **K. Diallo Mamadou, D.Tanoh Marie France**, "Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de sources de la région du haut cheliff ", Mémoire Master ,2014-2015.
- [5] **F. Boucenna**, "Hydrogéologie environnemental et modélisation cartographie par les différentes méthodes de Vulnérabilité a la pollution d'une nappe côtière Cas de la plaine alluviale de l'oued djendjen (Jijel, nord-est algérien) ", Mémoire de Magister, 2009.
- [6] **M. Kahoul et al**, "Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux de puits dans la région de berrahal (Algérie) ", J. larhyss, 18, 2014, 169-178.
- [7] **A. Assaoui**, "Evaluation du niveau de contamination des eaux de barrage hammam Grouz de la région de Oued Athmania par les activités agricoles", Mémoire de Master, université Mouloud Marmmeri-tizi ouzou, 2013, 4.
- [8] **E. Martin, R. Hine**, " A Dictionary of Biology. Oxford University Press. Reference Online", 2008.
- [9] **Z. Kouidri Nee Belala**, "Etude et traitement de l'eau du barrage djorf-eltorba de la wilaya de bechar par filtration sur sables", Mémoire de Magister, spécialité : Eau et Environnement, Université Hassiba Benbouali -chlef, 2006.
- [10] **J-C. Boeglin**, "Propriétés des eaux naturelles", Dossier N° G1110. Environnement Technologies de l'eau. Technique de l'ingénieur, 2001.
- [11] **R. Durend**, "L'eau et la vie". Opéra. Nantes, 2001, 76 -86.

- [12] **S. Dunlop**, Dictionary of Weather. Oxford University Press. Reference Online, 2008.
- [13] **K. luzolo lutet** "Les eaux souterraines : captage, exploitation et gestion", Université de Kinshasa – Graduat, 2012.
- [14] **A. Musy**, "Cours d'hydrologie générale", ISTE/HYDRAM, 2005 »
- [15] **D. Hillel**, "Introduction to Environmental Soils Physics". Elsevier Science, 2004, 392.
- [16] **A. Musy, C.Higy**, "Hydrologie .Presses polytechnique", universitaire Romandes, 2004,32.
- [17] **F. Nordmann, G.Pinard Legry**, "Chimie de l'eau et corrosion des REP", Dossier N° BN3750. Corrosion vieillissement. Matériaux. Technique de l'ingénieur, 2000.
- [18] **J. Rodier**, "L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer", 9eme édition, Ed. DUNOD. Paris, 2005.
- [19] Mémento technique de l'eau. Sté Degrémont. Ed, Technique et documentation, Paris 1989.
- [20] **P. Sudhanshu sekhar**, "Hydrological Cycle», Gaines ville State College, 2008,515 -518.
- [21] **S. Gaamoune**, "le role des biofilms d'algues dans les traitements biologiques des eaux", Mémoire Magister, Université Farhat Abbas –Setif 2010.
- [22] Technique de l'ingénierie traite environnement traite construction.
- [23] **A. Makhloufi, DJ. Abdelouahid**, "Etude de la qualité physicochimique et microbiologique de l'eau potable dans la ville de bechar.sud ouest Algérie", 1er Séminaire International sur la Ressource en eau au Sahara : Evaluation, Economie et Protection, Ouargla, 19-20 janvier 2011.
- [24] **M. Bakalowicz**, "Les eaux souterraines : hydrologie dynamique et chimique recherche exploitation et évaluation des ressources", Université Montpellier 2, 2013.

- [25] **H. Sari**, "Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source Attar (Tlemcen) ", Mémoire de Master, Université Abou-Bekr Belkaid-Tlemcen, 2014, 59.
- [26] **R. Vilagines**, "Eau, environnement et santé publique : Introduction l'hydrologie", Ed. Tec & Doc Lavoisier, 2003 ,198.
- [27] **S.G. Eblin, G. M. soro, et al**, "Hydrochimie des eaux souterraines de la region d'adiake (sud-est cotier de la cote d'ivoire)", Larhyss, ISSN 1112-3680,17, mars2014, 193-214.
- [28] **C. Cardot**, "Les traitements de l'eau : procédés physico-chimiques et biologiques cours et problèmes résolus", génie de l'environnement, Ed Elipses, 1999,71.
- [29] **P. Gomeu, H. Gomeu**, "La distribution d'eau dans les agglomérations", 2^o édition.
- [30] **M. Defrance Schki** , " L'eau dans tous ces états" Edition 1996.Paris, 632 p.
- [31] **S. Bensouilah**, "Contribution à l'étude hydrogéologique des Hautes Plaines sétifiennes dans le cadre de la haute vallée de l'Oued Rhumel en amont d'Oued Athmania", Mémoire de Magister, Université Mentouri de Constantine, Faculté des sciences de la terre, de la géographie et de l'aménagement du territoire, Département de la géologie, 247p, 1995.
- [32] **E. Gili, C. Mangan, J. Murdy**, "hydrogéologie : objet, méthodes, application", Edition. DUNOD. Paris, 2004,301.
- [33] Agence Européenne pour l'environnement : "L'eau dans la ville ", Article Publié 17/12/2012 Dernière modification 03/06/2016.
- [34] **B. REMINI**, "La problematique de l'eau en Algerie du nord", Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 08, Juin 2010, 2010.
- [35] M^{emc} **Mekki** : Cadre Environnement Mars 2009.
- [36] <http://www.astrosurf.com/luxorion/eau-potable.htm>

- [37] **G. Gomella, H. Guerree, M. Neveu**, "La distribution de l'eau dans les agglomérations urbaines et rurales", Edition. Eyrolles, 1974.
- [38] **G. Eric, M. Christian, M. Jacques**, "Hydrogéologie objets, méthodes, applications", 2ème édition. Dunod, Paris, 2008,76-82,112-115, 168, 169, 172,173.
- [39] "Les eaux souterraines des roches dures du socle", Publié en 1987 par l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture, place de Fontenoy, 75700 Paris, France
- [40] **R. Vilagines**, "Eau, environnement et santé publique. Introduction à l'hydrologie", édition, Tec et Doc. Lavoisier, (2000).
- [41] **M. Bouziani**, "L'eau dans tous ses états", Editions. Dar El Gharb, 2006, 31,113.
- [42] **C. Jean-Jacques**, "Les eaux souterraines connaissance et gestion", Hermann, Editeur des Sciences et des Arts, Rue de la Sorbonne, 75005, Paris, 17, 37, 47, 49.
- [43] **I. GORMI**, " Etude de la contamination et la vulnérabilité à la pollution chimique des eaux souterraines de la cuvette d'Ouargla ", mémoire d'ingénieur Génie de l'environnement, Université Kasdi Merbah Ouargla.2010.P6-32.
- [44] <http://www.brgm.fr/divers/nappes.htm>
- [45] **G. Miquel**, "Office Parlementaire d'évaluation des Choix Scientifiques et Technologiques". Rapport sur la qualité de l'eau et l'assainissement en France. Rapport N°215. Tome I. Sénat. 2003.
- [46] Ministère de la santé, de la population et de la réforme hospitalière, Institut national de sante publique. " Rapport sur la surveillance de la qualité de l'eau potable en Algérie", 2008.
- [47] **F. Touhari**, "Etude de la Qualité des Eaux de la vallée du Haut Cheliff", Thèse de Doctorat, Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique, 2015.
- [48] **F. Guerzou**, "Etude de la potabilité des eaux souterraines de la région de Djelfa (Aspect physico-chimique) " Mémoire de Fin d'Etude en Vue de l'Obtention du Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Biologie, 2008,56.

- [49] **S. ALI ABBOU, M. BENMLOUKA**, "Caractéristique physico-chimiques des eaux embouteillées Algérienne et vérification d'étiquetage", Mémoire de Master, université Mohamed Boudiaf-Oran ,2013 /2014.
- [50] **M. Moussa**, "Caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et impact sur les eaux de surface et les eaux souterraines", 2005,119.
- [51] Organisation Mondiale de la Santé, Rapport sur la santé dans le monde, 2006.
- [52] **Degremont**, "Mémento technique de l'eau", 10 ème édition, Ed. Lavoisier. Paris, Tome1, 2005, 131-145.
- [53] **J. Rodier**, "L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer", 9eme édition, Ed. DUNOD. Paris, 2009.
- [54] **M. Samake**, "Analyse physico-chimique et bacteriologique au L.N.S. Des eaux de consommation de la ville de bamako",2002.
- [55] Université anglaise de Loughborough "Field Water Quality Testing in Emergencies". <http://www.lboro.ac.uk/well/resources>.
- [56] Groupe scientifique sur l'eau, Fiche Coliformes fécaux, Institut national de santé publique du Québec, 2003.
- [57] Journal Officiel De La République Algérienne Démocratique Et Populaire Conventions et accords internationaux - lois et decretsarretes, décisions, avis, communications et annonce (Correspondant au 9 mars 2014) N° 13, 53 ème année.

ANNEXES

Annexe 1



Source Driaat (Djendel)



Source : Ain el Dem (Djendel)



Source Hammama (Miliana)



Source Ain El karma(Ain El Defla)



Source Tunnel (Khemis)



Source Ain Hodi (Boumadfaa)



Source Talouachiba (Miliana)

Annexe 2

Description de l'établissement (ADE)

L'Algérienne Des Eaux (ADE) est un établissement public national à caractère industriel et commercial doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière. Il a été créé par le décret exécutif n° 01-101 du 27 Moharem 1422 correspondant au 21 Avril 2001.

Unité Ain Defla

-Date de création : 01/01/2003

-Nombre de communes desservies : 06 commune plus un qui sont vent en gros

-Nombre de communes nom desservies : 29

-Population total ; 293953 habitant

-Population desservies : 288397 habitant (98.10 %)

-Population non desservies : 12713 habitant (1.90 %)

-Nombre d'abonnés :

- au comptage : 24263 {avec les facture} (55.74 %)
- au forfait : 19265 {son les factures} (44.25 %)
- total : 43528

- Linéaire du réseau d'adduction : 138.01 Km

- Linéaire du réseau de distribution : 349.1 Km

- Nombre de station de traitement : 01

- Nombre de forages : 40

- Nombre de station de pompage : 14

- Nombre de réservoirs : 77

- Capacité de stockage : 48030m³

Annexe 3



Autoclave



Bain marie



Compteur de colonies



Rampe de filtration complète



Milieux de culture



Hotte bactériologie



Hotte chimie



Réactifs

Réactifs

- **EDTA**

L'EDTA, ou acide éthylène diamine tétra acétique, est un acide diaminotétracarboxylique de formule $C_{10}H_{16}N_2O_8$. L'EDTA comporte six sites basiques, quatre correspondant aux bases conjuguées (carboxylates) des fonctions carboxyliques et deux correspondant aux fonctions amines. Ces sites basiques sont également des centres ligands, faisant de l'EDTA un ligand hexadentate (ou parfois tétradentate, lorsque seuls les sites carboxyliques sont utilisés). C'est d'ailleurs sa principale

caractéristique, son fort pouvoir chélatant (ou complexant) par lequel il forme des complexes métalliques très stables, ce qui en fait un poison. Dans les complexes, l'EDTA est lié aux cations métalliques sous la forme d'une de ses bases conjuguées.



- **Noir Eriochrome (NET)**

Le Noir ériochrome T (NET) est un indicateur coloré utilisé lors des titrages d'ion métalliques en solution par complexation, par exemple pour déterminer la dureté de l'eau.

Dans sa forme protonée, cet indicateur est bleu. Il passe au rouge quand il forme un complexe avec le calcium, le magnésium ou d'autres ions métalliques. Sa formule chimique est la suivante: $\text{HOC}_{10}\text{H}_6\text{N}=\text{NC}_{10}\text{H}_4(\text{OH})(\text{NO}_2)\text{SO}_3\text{Na}$.

- **Murexide (MX)**

La murexide, appelé aussi purpurate d'ammonium ou MX, est le sel d'ammonium de l'acide purpurique. Elle est utilisée comme indicateur dans le titrage du calcium et de certains métaux. C'est le produit de la réaction de la murexide, une réaction chimique utilisée dans la détection d'acide urique, de la xanthine et d'autres substances apparentées.

- **Phénolphtaléine ($\varphi\varphi$)**

La phénolphthaléine ou 3,3-bis (4-hydroxyphényl)-1-(3H)-monobenzofuranone (le symbole $\varphi\varphi$ (phi-phi) ou la notation générale HIn, commune à d'autres indicateurs, sont utilisés) est un composé organique de formule brute $\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$. C'est un indicateur de pH (ou un indicateur coloré), c'est-à-dire un composé qui change de couleur selon la valeur du pH de la solution dans laquelle on le place.

* **Réactif I :**

- Acide dichloroisocyanurique	.....	2 g.
- Hydroxyde de sodium (NaOH )	.....	32 g.
- H ₂ O distillée	.....	q.s.p 1000 ml.

* **Réactif II (coloré) :**

- Trictrate de sodium	.....	130 g.
- Salicylate de sodium	.....	130 g.
- Nitropruciate de sodium	.....	0.97 g.
- H ₂ O distillée	.....	q.s.p 1000 ml

Remarque : q.s.p veut dire : « quantité suffisante pour »

* **Réactif Mixte (Détermination du nitrite)**

- Sulfanilamide	.....	40 g.
- Acide phosphorique	.....	100 ml.
- N-1- Naphtyl éthylène diamine	.....	2 g.
- H ₂ O distillée	.....	q.s.p 1000 ml.

• **HCl**

HCL est un sigle signifiant : La formule brute du chlorure d'hydrogène et se réfère parfois de manière impropre à l'acide chlorhydrique. Le chlorure d'hydrogène, de symbole chimique HCl, est un gaz incolore toxique et hautement corrosif, qui forme des fumées blanches au contact de l'humidité. Ces fumées sont constituées d'acide chlorhydrique.

Annexe 4

Photométrie de la flamme

La photométrie de la flamme est un des procédés les plus rapides et sensibles connus aujourd'hui pour le dosage des éléments alcalins et alcalino-terreux.

Les éléments à analyser (sodium, potassium lithium, calcium etc. ...) sont généralement sous forme de sels. L'analyse se fait en partant de leurs solutions.

Spectrophotométrie

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. Plus l'échantillon est concentré, plus il absorbe la lumière dans les limites de proportionnalité énoncées par la loi de Beer-Lambert. La densité optique des échantillons est déterminée par un spectrophotomètre préalablement étalonné sur la longueur d'onde d'absorption de la substance à étudier. Tous les dosages qu'on va pratiquer, leurs lectures se fait avec le spectrophotomètre.

Il faut toujours préparer **un témoin** avec l'eau distillée pour la valeur de référence.

Généralement, on utilise cette méthode pour les **paramètres de pollution**.

Spectrophotomètre

Un spectrophotomètre est un appareil qui permet de mesurer l'absorbance d'une solution homogène à une longueur d'onde donnée ou sur une région spectrale donnée. Selon la loi de Beer-Lambert, l'absorbance d'une solution est proportionnelle à la concentration des substances en solution, à condition de se placer à la longueur d'onde à laquelle la substance absorbe les rayons lumineux. C'est pourquoi la longueur d'onde est réglée en fonction de la substance dont on veut connaître la concentration.



pH-mètre

Un pH-mètre est un appareil, souvent électronique, permettant la mesure du pH d'une solution. Le pH-mètre est généralement constitué d'un boîtier électronique permettant l'affichage de la valeur numérique du pH et d'une sonde de pH constituée d'une électrode de verre permettant la mesure et d'une électrode de référence. Son fonctionnement est basé sur le rapport qui existe entre la concentration en ions H_3O^+ (définition du pH) et la différence de potentiel électrochimique qui s'établit dans le pH-mètre une fois plongé dans la solution étudiée.

Une fois l'appareil étalonné à l'aide de deux solutions tampon (souvent de pH 4, 7 et 10), on peut déterminer la valeur du pH par simple corrélation, la différence de potentiel évoluant proportionnellement à la valeur du pH.



Conductimètre

Un conductimètre est un appareil permettant de mesurer une propriété de conductivité. Il existe des conductimètres spécifiques à certaines applications :

- * mesure de la conductivité électrique d'une solution. Cet appareil est composé d'un générateur basse fréquence (courant alternatif), d'un ampèremètre et d'un voltmètre. Cette technique a été développée par Friedrich Kohlrausch en 1874 (Loi de Kohlrausch)
- * mesure de la conductivité thermique.



Le turbidimètre

C'est un appareil qui permet de mesurer la turbidité d'un liquide. C'est l'indice apparent qui montre que l'eau contient des matières en suspension (débris organiques, argiles, organismes microscopiques...) norme : l'eau potable ne doit pas dépasser 3 NTU (Nephelometric Turbidity Units) On utilise un turbidimètre plus précis que les yeux pour déterminer le trouble de l'eau.



Etuve

Une étuve de laboratoire est un appareil de chauffage fonctionnant le plus souvent à la pression atmosphérique (parfois sous vide ou sous gaz neutre) et permettant d'effectuer divers traitements thermiques à température réglée. Les laboratoires d'analyse ou de recherche en sont souvent pourvus.



Annexe 5

➤ Facteur de dilution (pour la détermination du chlorure)

Pour le F : - Prendre 5 ml de la solution mère à 71 mg/l.

- Ajouter 2 gouttes de l'indicateur coloré.

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

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

➤ Dosage de sodium et de potassium

• Réparation des étalons

Solution fille de sodium (Na^+) à 10 mg/l de la solution mère de Na Cl à 1000 mg/l dans 100 ml d'eau distillée.

(2,54 mg de Na Cl 1000cc d' H_2O distillée : solution mère de Na^+ à 1 g/l).

Solution fille de potassium (K^+) à 10 mg/l : 1 ml de la solution mère de Kcl à 1 g/l dans 100 ml d'eau distillée.

(1.91 g de KCl 1000 dans d' H_2O distillée : solution mère de K^+ à 1 g/l).

➤ Détermination des Sulfates (SO_4^{2-})

• Gamme d'étalonnage

– Prendre 7 béchers de 250 ml.

– Laver très bien avec du savon et une lavette.

– Rincer abondamment avec l'eau du robinet.

– Rincer avec une solution acide chlorhydrique

Rincer avec l'eau du robinet puis avec de l'eau distillée.

➤ **Détermination de l'azote ammoniacal (NH_4^+)**

• **Courbe d'étalonnage**

\$ fille 1 mg/l	0	1	2.5	5	25	40
Eau distillée (ml)	50	49	47.5	45	25	10
Réactif I (ml)	4	4	4	4	4	4
Réactif II (coloré) (ml)	4	4	4	4	4	4
Attendre 1 h.30						
$[\text{NH}_4^+]$ en mg/l	0	0.02	0.05	0.1	0.5	0.8

➤ **Dosage des nitrites (NO_2^-)**

• **Courbe d'étalonnage**

\$ fille 1 mg/l	0	1	2	5	20	40
Eau distillée (ml)	50	49	48	45	30	10
Réactif Mixte (ml)	1	1	1	1	1	1
Attendre 10 mn						
$[\text{NO}_2^-]$ en mg/l	0	0.02	0.04	0.1	0.4	0.8

➤ **Dosage des nitrates (NO₃⁻)**

• **Courbe d'étalonnage**

Dans une série de capsule de 60 ml, introduire successivement :

N° de capsule	B	I	II	III	IV
\$ étalon 5 mg/l	0	1	2	5	10
Eau distillée	10	9	8	5	0
\$ de salicylate de Na	1	1	1	1	1
Correspondant en mg/l de N nitrique	0	0.5	1	2.5	5

Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve à 75 - 88° C de la même manière que pour l'échantillon.

➤ **Détermination des phosphates (PO₄³⁻)**

• **Courbe d'étalonnage**

N° Fiole	0	1	2	3	4
\$ fille à 25 mg/l P	0	0.3 ml	0.6	1.2	2.4
qsp 40 ml eau distillée	40	40 ml	40	40	40
[c] P	0.0	0.015	0.03	0.06	0.120
[c] en PO ₄ ³⁻	0.0	0.0459	0.0918	0.1836	0.3672
Acide ascorbique (ml)	1	1	1	1	1
Réactif mélangé (ml)	2	2	2	2	2
Attendre 10 mn.					

Les concentrations des éléments en milliéquivalent

	Source 1	Source 2	Source 3	Source 4	Source 5	Source 6	Source 7	Source 8
Ca^{2+}	5.4	2.4	9	4.8	5.8	5.4	6.6	5.2
Mg^{2+}	1.6	0.40	1.4	2.2	4.4	4.8	1.4	5.4
K^+	0.020	0.030	0.089	0.064	0.1	0.012	0.17	0.87
Na^+	0.57	0.27	0.47	0.53	2.69	5.54	1.65	0.46
HCO_3^-	4.5	2.1	7.3	5.3	7.5	6	6.3	5.6
Cl^-	4.11	1.84	2.55	2.98	2.55	5.39	1.84	1.42
SO_4^{2-}	2.18	1.37	2.60	1.90	6.14	3.39	2.56	5.55
NO_3^-	0.14	0.18	0.05	0.85	0.03	1.28	0.68	0.91

Les résultats en pourcentage

	$\text{Ca}^{2+}\%$	$\text{Mg}^{2+}\%$	$\text{Na}^+\%$	$\text{K}^+\%$	$\text{Cl}^-\%$	$\text{SO}_4^{2-}\%$	$\text{HCO}_3^-\%$	$\text{NO}_3^-\%$	$\text{Na}^+ + \text{K}^+\%$	$\text{Cl}^- + \text{NO}_3^-\%$	$\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^-\%$
S1	71.14	21.08	7.5	0.26	37.60	19.94	41.17	1.28	7.76	38.88	41.17
S2	77.41	12.90	7.80	0.96	33.51	24.40	38.28	3.27	9.66	36.78	38.25
S3	82.19	12.78	4.29	0.81	20.4	20.8	58.40	3.27	5.1	20.8	58.40
S4	63.24	28.98	6.98	4.84	27.04	17.22	48.05	7.70	7.82	34.71	48.05
S5	44.64	33.87	20.70	0.76	15.72	37.85	46.23	0.18	21.46	15.9	46.23
S6	34.28	30.47	35.17	0.076	33.56	21.10	37.35	7.97	35.17	41.53	37.35
S7	67.20	14.25	16.80	1.73	16.16	22.49	55.36	5.97	34.10	21.65	55.36
S8	43.58	45.26	3.85	7.29	10.53	41.97	41.54	6.75	11.14	17.28	41.54

Annexe 6

- Le diagramme de Schöeller-Berkaloff

Le diagramme de Schöeller-Berkaloff est une représentation graphique semilogarithmique sur laquelle les différents ions sont représentés sur l'axe des abscisses et la teneur réelle en mg/l sur l'axe des ordonnées. Les points obtenus sont reliés par des droites.

L'allure du graphique permet de visualiser le faciès des eaux analysées. Cette représentation permet aussi la détermination du faciès d'une eau. En effet, le diagramme de Schöeller-Berkaloff indique pour chaque eau analysée la teneur moyenne (mg/l) en éléments majeurs de ces eaux, de comparer des éléments en traces et d'établir les faibles variations entre les éléments chimiques.

Annexe 7

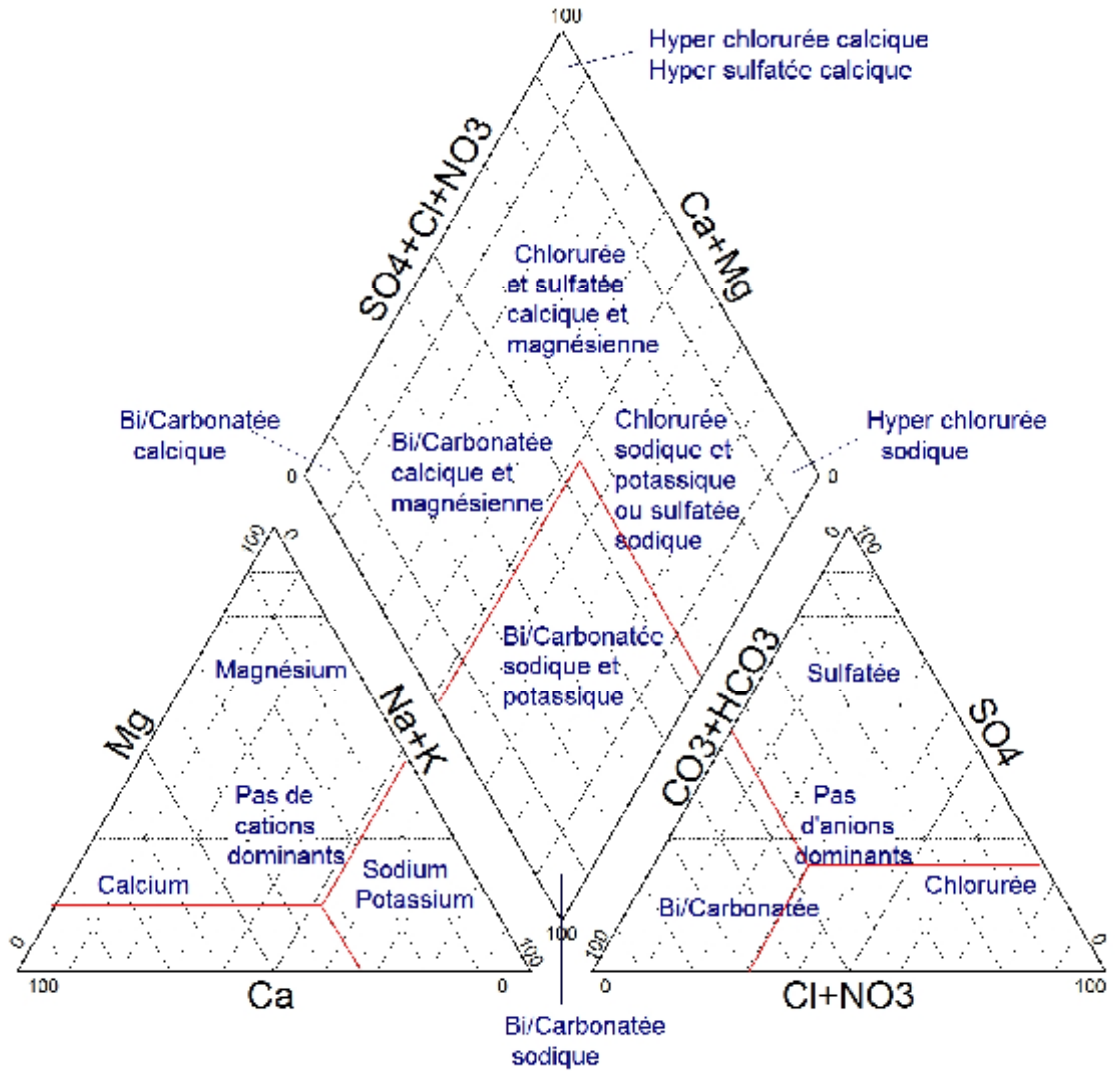
. Le Diagramme de Piper

Le Diagramme de Piper est l'une des représentations les plus classiques pour comparer les compositions chimiques des eaux naturelles. Il permet une représentation des cations et anions sur deux triangles spécifiques dont les côtés témoignent des teneurs relatives de chacun des ions majeurs par rapport au total des ions. La position relative d'un résultat analytique sur chacun de ces triangles permet de préciser en premier lieu la dominance cationique et anionique. A ces deux triangles, est associé un losange sur lequel est reportée l'intersection des deux lignes issues des points identifiés sur chaque triangle. Ce point d'intersection représente l'analyse globale de l'échantillon. Cette position permet de préciser le faciès de l'eau naturelle concernée.

Le diagramme de Piper permet également :

- * d'illustrer l'évolution chimique d'une eau dans un aquifère ainsi que les mélanges d'eaux de minéralisations différentes,
- * d'avoir une idée sur la lithologie à partir des analyses chimiques,
- * d'avoir une relation entre le chimisme de l'eau et la nature lithologique de l'encaissant,
- * la projection de plusieurs échantillons en même temps :
 - Pour suivre leurs évolutions dans le temps et dans l'espace,
 - Pour les comparer,
 - Pour avoir une idée sur la notion de mélange,
- * de suivre les propriétés physico-chimiques au cours de leur évolution spatiotemporelle.

Diagramme de Piper



Remarque

Les deux représentations Piper et Schöeller-Berkaloff ont été utilisées car elles sont complémentaires.