



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
Université Echahid Hamma Lakhdar- EL Oued



Faculté de la Technologie  
Département de Génie des Procédés et Pétrochimie

## MÉMOIRE DE FIN D'ETUDE

Présenté en Vue de l' Obtention du Diplôme de  
MASTER ACADEMIQUE

**Domaine: Sciences et Technologies**

**Filière: Génie des procédés**

**Spécialité: Génie chimique**

**Présenté par :**

-Dahraoui Nouredine  
-Doudou Nasreddine  
-Keddar Hocine

### *Thème*

**Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraines  
et superficielles destinée à la consommation humaine**

Soutenue le :13/06/2022  
Devant le jury composé de :

Mrs. MENECEUR Souhaila

Université d'El-Oued

Président

Mr. BOUDOUH Issam

Université d'El-Oued

Examineur

Mr. BELGHIT Med Yazid

Université d'El-Oued

Rapporteur

Année universitaire 2021/2022

# *Remerciements*

Toute notre parfaite gratitude et remerciement à Allah le plus puissant qui nous a donné la force, le courage

Et la volonté pour élaborer ce travail

C'est avec une profonde reconnaissance et considération particulière que je remercie

l'encadreur **Mr : YAZID BELGHIT**. Pour son soutien, ses conseils et sa grande bienveillance

Durant l'élaboration de ce projet.

Ainsi nous exprimons notre reconnaissance à tous les membres du jury d'avoir accepté de lire ce manuscrit et d'apporter les critiques nécessaires à la mise en forme de cet ouvrage.

Enfin, à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin pour la réalisation de ce projet de fin d'étude.

# *Dédicace*

Je dédie cet humble acte : à ma chère mère, la source du courage et de l'inspiration qui a tant sacrifié pour me voir arriver à ce jour.

À mon père, une source de mon respect, un témoignage de ma profonde gratitude pour tous les efforts et mon soutien continu

qui m'a toujours donné.

A mes frères et soeurs et toute la famille

à tous mes amis

A tous mes amis du Département Génie des procédés ainsi que du campus universitaire

## Résumé

L'eau est encore considérée comme l'un des aliments de base, précieux et importants. Les eaux de surface et souterraines peuvent contenir des éléments indésirables ou toxiques qui constituent une menace pour la santé humaine à long et à court terme. En effet, la dégradation de la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine peut se produire au niveau des sources de production (fosses, barrages), des ouvrages de stockage, des conduites d'adduction d'eau, et surtout dans les réseaux de distribution. Cependant, il est nécessaire que les consommateurs disposent d'un approvisionnement en eau sûr et sain quoi qu'il arrive. Selon, la qualité physico-chimique de l'eau du canal du oued Righ n'est pas propre à la consommation humaine et, à l'exception de certains usages agricoles, ne répond pas aux normes nationales et internationales recommandées.

Le but de cette étude était de contribuer à l'évaluation de la qualité physique et chimique des eaux d'oued Righ wilaya d'el m'ghair- Touggourt .

L'étude est basée sur la détermination des paramètres à savoir: le pH, la conductivité, la turbidité, le chlore, les nitrites et l'ammonium.

Mots clés : L'eau , qualité physique et chimique, canal d'oued Righ ,nappe phréatique,usages agricoles,le chlore.

## **Absract**

Water is still considered one of the basic, precious and important foods. Surface and groundwater can contain undesirable or toxic elements that pose a threat to human health in the long and short term. Indeed, the degradation of the quality of water intended for human consumption can occur at the level of production sources (pits, dams), storage structures, water supply pipes, and especially in distribution networks. However, it is necessary that consumers have a safe and healthy water supply no matter what. According, the physico-chemical quality of the water of the Righ wadi canal is not fit for human consumption and, with the exception of certain agricultural uses, does not meet recommended national and international standards.

The purpose of this study was to contribute to the evaluation of the physical and chemical quality of the waters of Wadi Righ wilaya of el m'ghair-Touggourt.

The study is based on the determination of parameters namely: pH, conductivity, turbidity, chlorine, nitrites and ammonium.

Keywords: Water, physical and chemical quality, Righ wadi channel, groundwater, agricultural uses, chlore.

## ملخص

لا يزال الماء يعتبر من الأطعمة الأساسية والتمينة والمهمة. يمكن أن تحتوي المياه السطحية والجوفية على عناصر غير مرغوب فيها أو سامة تشكل تهديدًا لصحة الإنسان على المدى الطويل والقصير. في الواقع ، يمكن أن يحدث تدهور جودة المياه المعدة للاستهلاك البشري على مستوى مصادر الإنتاج (حفر ، سدود) ، هياكل التخزين ، أنابيب إمداد المياه ، وخاصة في شبكات التوزيع. ومع ذلك ، من الضروري أن يحصل المستهلكون على إمدادات مياه آمنة وصحية بغض النظر عن السبب. وفقًا لذلك ، فإن الجودة الفيزيائية والكيميائية لمياه قناة وادي ريغ ليست مناسبة للاستهلاك البشري ، وباستثناء استخدامات زراعية معينة ، فهي لا تفي بالمعايير الوطنية والدولية الموصى بها الغرض من هذه الدراسة هو المساهمة في تقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية لمياه قناة وادي ريغ ولاية المغرب- تفرت

اعتمدت الدراسة على تحديد العوامل وهي: الأس الهيدروجيني ، والناقلية الكهربائية ، والعكارة ، والكلور ، والنترت والأمونيوم.

الكلمات المفتاحية: المياه - الجودة الفيزيائية والكيميائية - قناة ري وادي - المياه الجوفية - الاستخدامات الزراعية - الكلور

# Sommaire

Remerciements	
Dédicaces	
Résumé Abstract الملخص	
Liste d'abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction générale	1
<b>Chapitre I : La chimie des eaux</b>	
Introduction	3
I.1. Les sources naturelles de l'eau	4
I.1.1. Eaux de mer	4
I.1.2. Eaux superficielles	4
I.1.3. Eaux souterraines	5
I.2. Chimie l'eau	5
I.2.1. Structure de l'eau .....	5
I.2.2. Propriétés de l'eau	7
I.2.3 Propriétés physiques de l'eau	7
I.2.3.1 Point d'ébullition	8
I.2.3.2 Viscosité	8
I.2.3. 3 Solvant	8
I.2.3.4 Tension	8
I.2.3. 5 Chaleur spécifique	8
I.2.3.6. Chaleur latente	8
I.2.3.7. Capacité thermique	9
I.2.3.8 Transparence	9
Conclusion	9
<b>Chapitre II : qualité physico-chimique des eaux de surface</b>	
Introduction	10
II.1 Le Rôle Des Eaux De Surface Dans Le Cycle De L'eau	11
II.2 Carcterestique de l'eau surface	12
II.2.1 Des caractéristiques variables suivant le climat, les saisons et l'environnement géologique	13

II.3	Paramètres de la qualité des eaux superficielles	13
II.3.1	Paramètres physiques	13
II.3.1.1	Température	13
II.3.1.2	Turbidité (Transparence)	14
II.3.1.3	Matières En Suspension M E S	15
II.3.1.4	Conductivité électrique	15
II.3.1.5	Le pH	16
II.3.2	Paramètres Chimiques	17
II.3.2.1	Dureté	17
II.3.2.2	Oxygène dissous	17
II.3.2.3	Chlorures (sels).	17
II.3.2.4	Matières Organiques	18
II.3.2.5	Demande biochimique en oxygène (DBO)	18
II.4	Différentes formes d'azote	19
II.4.1	Azote ammoniacal	19
II.4.2	Nitrates	20
II.4.3	Nitrites	20
II.4.4	Le Phosphore	20
<b>II.5</b>	L'usage de l'eau	21
II.5.1	L'usage domestique	21
II.5.2	Les besoins agricole	21
II.5.3	Les besoins industriels	22
	Conclusion	22

### **Chapitre III: Qualité physico-chimique des eaux souterraines**

	Introduction	23
III.1	Les eaux souterraines	23
III.1.1	Qu'est-ce qu'un réservoir d'eau souterrain	24
III.2	Type des nappes	24
III.2.1	Nappe libre	24
III.2.2	Nappe captive	25
III.2.3	Nappe semi captive	25
III.3	Qualité physico-chimique	26
III.3.1	Les paramètre physique	27

III.3.1.1	Température	27
III.3.1.2	Turbidité	27
III.3.1.3	pH	28
III.3.1.4	La conductivité électrique	28
<b>III.3.1.5</b>	Couleur	29
III.3.1.6	Odeur	29
III.3.2	Les paramètres chimiques	29
III.3.2.1	Ions majeurs	29
III.3.2.2	Les Cations	29
III.3.2.3	Les anions	30
III.3.2.4	Fer	32
III.3.2.5	Nitrite	32
III.3.2.6	Manganèse	32
III.3.2.7	Arsenic	32
III.3.2.8	Zinc	32
III.3.2.9	Argent	33
III.3.2.10	Aluminium	33
III.3.2.11	Sulfure d'hydrogène	33
III.3.2.12	Le cuivre	33
III.3.2.13	Le fluor	33
III.3.2.14	Dureté	34
III.3.2.15	Oxygène dissous	34
III.3.2.16	Oxygène	34
III.3.2.17	DBO, DCO	34
III.3.3	Qualité microbiologique des eaux souterraines	34
	CONCLUSION	35

## **Chapitre IV: Evaluation de la qualité physico-chimique de eaux souterraines et superficielle**

	Introduction	36
IV.1	Situation géographique	36
IV.1.1	Situation géographique et administrative de la vallée d'Oued Righ	37
IV.1.2	Géomorphologie et topographie	37
IV.1.3	climat et vegetation	38
IV.1.4	Activités économiques	38
IV.1.5	Besoin /Ressources en eau	39
IV.2	L'hydrochimie	39
IV.3	Etude des paramètres physico-chimique	40

IV.3.1	Etude paramètres physiques	40
IV.3.1.1	Température	40
IV.3.1.2	Résidu sec	42
IV.3.1.3	Précipitation	43
IV.3.1.4	Conductivité électrique	43
IV.3.1.5	pH	44
IV.3.1.6	La dureté totale	45
IV.3.2	Etude paramètres chimiques	46
IV.3.2.1	Le Calcium	46
IV.3.2.2	Le Magnésium	47
IV.3.2.3	Le Sodium et le Potassium	48
IV.3.2.4	Chlorures	50
IV.3.2.5	Le Sulfates	51
IV.3.2.6	Les Bicarbonates	53
IV.4	L'histogramme de concentration des différents éléments	54
IV.5	Vulnérabilité à la pollution	55
IV.5.1	Les rejets des eaux usées	56
IV.6	Problèmes poses	56
IV.6.1	Palmeraies	57
IV.6.2	Absence de drainage	58
IV.6.3	Description du phénomène de la remontée des eaux	58
IV.7	L'aménagement des ouvrages annexes du canal Oued Righ	59
	Conclusion	59
	Conclusion générale	60
	Références Bibliographique	

## Liste des abréviations

**MES:** matière en suspension

**MEST:** matières en suspension totale

**C° :** Degré Celsius.

**CE :** Conductivité électrique.

**MES :** Matière en suspension

**NTU:** Nephelometric Turbidity Unit.

**OMS :** Organisation Mondiale de la Santé.

**pH :** Potentiel d'hydrogène.

**TA :** Titre Alcalimétrique.

**TAC :** Titre Alcalimétrique Complet.

**TDS :** Taux des sels dissous

**TH :** Titre hydrotimétrique

**MO:** Matière Organique

**DBO :** Demande biochimique en oxygène

**DCO :** demande chimique en oxygène

**PT :** phosphore total

**EH :** équivalent habitant

**PO<sub>4</sub>:** les orthophosphates

**CT :** coliformes totaux

**CF :** coliformes fécaux

**SF :** streptocoques fécaux

**CP :** Clostridium perfringens

## Liste des tableaux

<b>Tableau 01:</b> indicateurs chimiques de pollution des eaux de surface	<b>12</b>
<b>Tableau02 :</b> Relation entre la minéralisation et la conductivité électrique	16
<b>Tableau 03 :</b> Qualité de l'eau en fonction de la DBO5	19
<b>Tableau 04 :</b> Récapitulatif des besoins et ressources en eau	40
<b>Tableau 05 :</b> Temperatures moyennes interannuelle en (°C), Periode(2018-2017). (O.N.M)	42
<b>Tableau 06 :</b> Precipitations moyennes interannuelle en (mm), Periode (2018-2017)	43
<b>Tableau 07 :</b> Les valeurs de PH de la nappe phréatique dans la région d'Oued Righ	45
<b>Tableau08 :</b> Potabilité en fonction de la dureté	46

## Liste des figures

<b>Figure N°1</b> : Cycle de l'eau	03
<b>Figure N°2</b> : forme de la molécule d'eau	06
<b>Figure N°3</b> : états physiques de l'eau	07
<b>Figure. N°4</b> : Les eaux de surface	11
<b>Figure N°5</b> : le disque de Secchi	15
<b>Figure. N°6</b> : Le cycle de l'azote	20
<b>Figure N°7</b> : Présentation des eaux souterraines	24
<b>Figure N°8</b> : schéma des nappes libres et captives	25
<b>Figure N°9</b> : Schema d'une aquifère	26
<b>Figure N°10</b> : situation géographique de la région d'Oued Righ (Google Earth)	38
<b>Figure N°11</b> : Formation géomorphologique de la région d'Oued Righ.	38
<b>Figure N° 12</b> : Carte d'isovaleurs Résidu sec de la nappe phréatique (Oued Righ).	42
<b>Figure N° 13</b> : Carte d'isovaleurs de la conductivité en ms de la nappe phréatique (Oued Righ).	44
<b>Figure N° 14</b> : Carte d'isoteneur en $\text{Ca}^{++}$ (g/l) de la nappe phréatique (Oued Righ)	47
<b>Figure N° 15</b> : Carte d'isoteneur en $\text{Mg}^{2+}$ (mg/l) de la nappe phréatique (Oued Righ)	48
<b>Figure N° 16</b> : Carte d'isoteneur en $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ (mg/l) de la nappe phréatique (Oued Righ)	49

<b>Figure N° 17</b> : Carte d'isoteneur en Cl <sup>-</sup> (mg/l) de la nappe phréatique (Oued Righ)	51
<b>Figure N° 18</b> : Carte d'isoteneur en So <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mg/l) de la nappe phréatique (Oued Righ)	52
<b>Figure N° 19</b> : Carte d'isoteneur en Hco <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l) de la nappe phréatique (Oued Righ)	53
<b>Figure N°20</b> : Concentration moyenne des différents éléments majeurs dessous (nappe phréatique)	54
<b>Figure N°21</b> : point de réjet des eaux sur le canal	56
<b>Figure N°22</b> : le problème du curage dans le station Ranou	57

### Introduction Générale

L'eau est une ressource naturelle majeure et un bien national précieux, une composante majeure des écosystèmes. Les principales sources d'eau peuvent être les rivières, les lacs, les glaciers, les eaux de pluie, les eaux souterraines, etc. Outre les besoins en eau potable, l'eau joue un rôle vital dans tous les secteurs de l'économie tels que l'agriculture, l'élevage, la foresterie, les activités industrielles, l'hydroélectricité, la pêche et d'autres activités créatives. La disponibilité et la qualité des eaux de surface ou souterraines se sont détériorées en raison de plusieurs facteurs importants tels que la croissance démographique, l'industrialisation, l'urbanisation, etc.

L'évaluation des paramètres physico-chimiques de l'eau affecte les propriétés du sol, ce qui aura un impact sur la performance des activités agricoles. Des études chimiques de l'eau d'irrigation sont nécessaires pour mettre en évidence les dangers de certains éléments chimiques pour les plantes tolérantes aux sols saturés en sodium et en sel.

Pour l'industrie, les eaux naturelles ne sont pas pures, elles contiennent une variété d'éléments chimiques dissous, dont le plus courant est le carbonate de calcium, qui est lié à la pression et à la température, un phénomène souvent complexe dans les canalisations et certaines industries qui utilisent des chaudières (par exemple, les aciéries, usines pétrochimiques, conserveries, etc.), la qualité de l'eau requise par l'industrie dépend du processus industriel. L'eau utilisée dans ces industries doit répondre à des exigences d'adéquation. Les eaux utilisées par ces industries doivent se soumettre à des exigences à l'aptitude à l'utilisation, afin d'éviter des problèmes de corrosion ou d'entartrage qui sont liés à l'équilibre calco-carbonique dans l'eau.

Ce travail comprend l'analyse de l'évaluation de divers paramètres physiques et chimiques des eaux de surface et souterraines et la réalisation de recherches sur les types de qualité de l'eau et leur applicabilité à l'industrie alimentaire, à l'irrigation et à l'approvisionnement en eau.

Afin de mieux résoudre ce problème, nous avons adopté les méthodes suivantes :

1. Dans le premier chapitre, une synthèse bibliographique relative à la chimie de l'eau et aux méthodes d'évaluation de ces propriétés;

## Introduction

2. Le deuxième chapitre est consacré à l'étude de la qualité des eaux de surface sous l'aspect physico-chimique

3. Le troisième chapitre est une étude physico-chimique visant à déterminer le volume chimiques des eaux souterraines

4. . Le quatrième chapitre est consacré à la description de la zone d'étude " oued righ", et l'étude de l'aspect physico-chimique et des conditions climatiques consistera à évaluer la qualité de l'eau de la zone,.



**Chapitre I :**  
**La chimie des eaux**

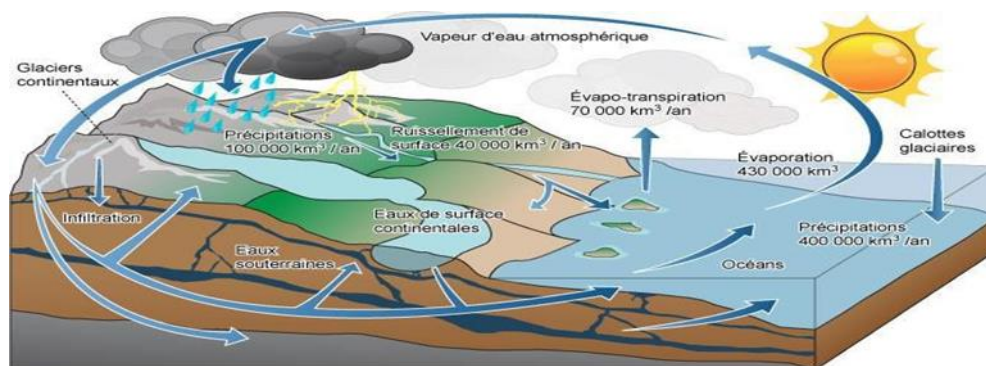
## Introduction

Notre planète est très aqueuse, donc vue de l'espace, la Terre semble bleue car l'océan couvre près des trois quarts (70%) de la surface de la Terre. La totalité de l'eau sur Terre sous forme liquide, solide ou gazeuse représente un volume de 1,4 milliard de kilomètres cubes. Cependant, la majeure partie de l'eau (97%) est contenue dans l'océan et est salée, ce qui la rend inutilisable pour l'homme.

L'eau douce n'est que de 3% et iniquète:

- Essentiellement des glaciers de montagne, des calottes glaciaires du Groenland et de l'Antarctique (près de 2 %).
- Eau souterraine douce (moins de 1 %, la plupart des eaux souterraines sont salées et donc non douces).
- Eaux de surface (cours d'eau, pergélisol, marécages et lacs d'eau douce : 0,03 %).
- Atmosphérique (0,001 %) ; Biologique (0,0001 %). La moitié de cette eau douce représente l'eau disponible pour l'usage humain, et seulement 0,3 % de l'eau de la Terre, soit 4 millions de kilomètres carrés.[1]

L'eau est presque omniprésente sur Terre et est essentielle à tous les êtres vivants connus. Les masses d'eau peuvent être des océans, des mers, des lacs, des rivières. Le cycle de l'eau dans les différents compartiments terrestres est décrit par son cycle hydrologique, le cycle de l'eau (fig 01),.[2]



**Figure N°1 : Cycle de l'eau**

## **I.1 Les sources naturelles de l'eau :**

Les réserves disponibles d'eaux naturelles sont constituées des eaux souterraines (infiltration, nappes), des eaux de surface stagnantes (lacs, retenues de barrages) ou en écoulement (rivières, fleuves) et des eaux de mer.[3]

Les caractéristiques générales de chacune de ces sources reflètent l'interaction de l'eau et du milieu environnant.

Les eaux naturelles contiennent des substances dissoutes, principalement des sels minéraux provenant des couches géologiques que l'eau a traversées.

On retrouve aussi, à l'état de trace, du manganèse, du fer, du zinc, du cobalt, du plomb.

Le corps humain est arrangeant : il accepte une très grande variation de composition d'eau.

Nos cellules et notre sang contiennent des électrolytes (des sels).

Une eau complètement déminéralisée (ou de l'eau distillée) est mauvaise, car un phénomène "osmotique" conduirait les sels de nos cellules ou de notre sang à migrer dans l'eau, réduisant ainsi leur concentration normale dans notre corps [4]

### **I.1.1 Eaux de mer :**

Les eaux de mer sont une source d'eau brute qu'on n'utilise lorsqu'il y a pas moyen de s'approvisionner en eau douce. Les eaux de mer sont caractérisées par leurs concentrations en sels dissous ; c'est ce qu'on appelle leur salinité, la plupart des eaux de mer varie de 33000 à 37000 mg /l de salinité [3]

### **I.1.2 Eaux superficielles :**

Qualifie toutes les eaux naturellement ouvertes sur l'atmosphère, y compris les fleuves, les rivières, les lacs, les réservoirs, les ruisseaux, les lacs de barrage, les retenues collinaires, les mers, les estuaires, etc. Le terme s'applique également aux sources, aux puits et autres collecteurs d'eau qui subissent directement l'influence des eaux superficielles. En aquarium, l'interface eau/air, couramment appelée eau de surface, correspond aux eaux superficielles..[3]

### I.1.3 Eaux Souterraines :

Les eaux souterraines sont habituellement à l'abri des sources de pollution, elles sont enfouies dans le sol. Puisque les caractéristiques de ces eaux varient très peu dans le temps. Les principales caractéristiques des eaux souterraines sont :

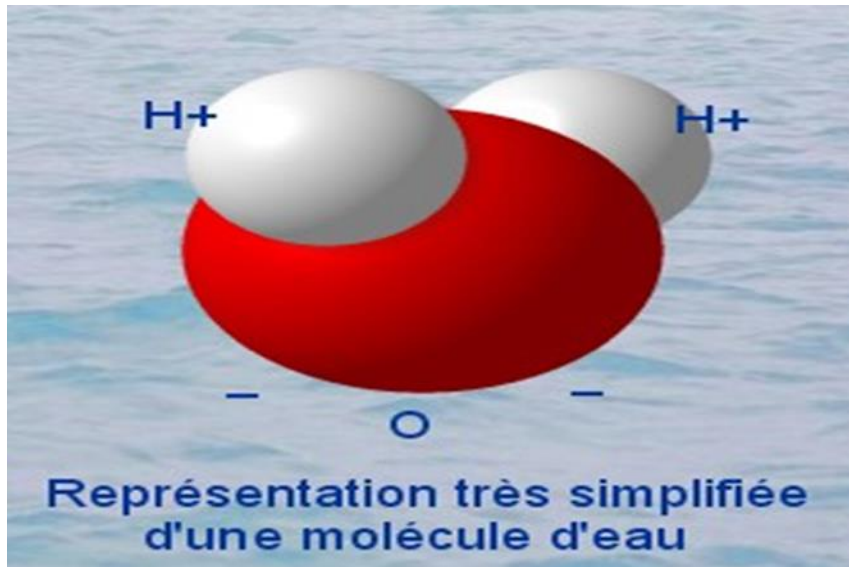
- Contamination bactérienne faible
- Turbidité faible ;
- Température constante ;
- Indice de couleur faible ;
- Débit constant ;
- Dureté souvent élevée ;
- Concentration élevée de fer et de manganèse [3].

## I.2 Chimie De L'eau :

### I.2.1 Structure de l'eau :

La molécule d'eau est une molécule exceptionnelle dont les propriétés particulières liées à sa nature dipolaire, ont permis la vie sur la terre. L'eau chimiquement pure n'existe donc pas hors des laboratoires. Comme elle solubilise les impuretés, l'eau lave bien et... se salit

facilement. Pour être propre à la consommation, l'eau doit contenir un peu de sels minéraux. La formation de liaisons hydrogènes entre les molécules explique que, sous nos conditions de température et de pression, il existe une phase liquide abondante sur notre planète. La molécule d'eau, de formule  $H_2O$  (fig 02) est composée d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène liés à l'atome d'oxygène par deux liaisons de covalence, sa masse molaire est de 18g. [5]



**Figure N°2 : forme de la molécule d'eau**

L'eau existe sous trois états : solide, liquide et gazeux. Il est solide quand la température est inférieure à 0°C, liquide entre 0°C et 100°C, et gaz quand la température est supérieure à 100°C. Ces trois phases coexistent dans la nature (fig 03), toujours observables deux à deux, et plus ou moins en équilibre : eau glace, eau- vapeur, glace- vapeur selon les conditions de température et de pression. L'eau décrit la substance dynamique formée par de petites molécules, dépourvue de goût, de couleur et d'odeur.

- ❖ L'état solide : C'est la glace, le verglas... Les molécules d'eau sont parfaitement organisées de façon à former quelque chose de dur et solide.
- ❖ L'état liquide : C'est l'eau des rivières, de l'océan, du robinet, même des nuages. Les molécules d'eau sont un peu dans tous les sens, mais assez proches les unes des autres.
- ❖ L'état gazeux : C'est de l'eau qui n'est pas visible à l'œil nu. Il y en a partout dans l'air que l'on respire. Les molécules d'eau sont désordonnées et très espacées les unes des autres.

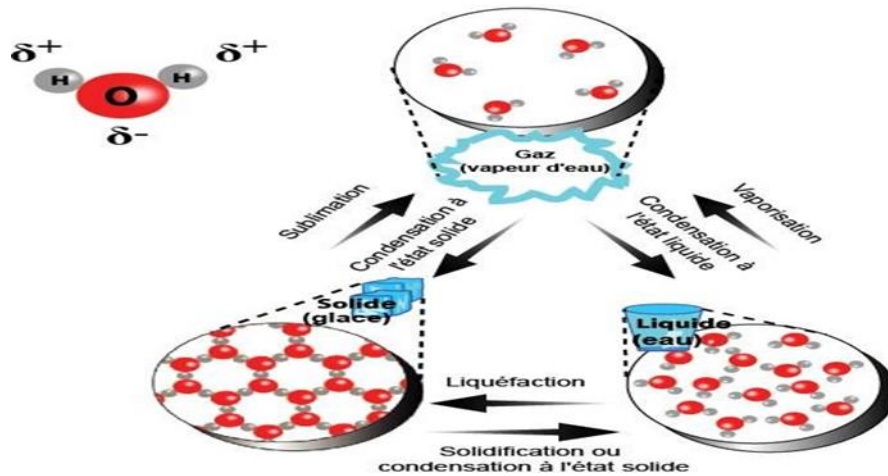


Figure N°3: états physiques de l'eau

## I.2.2 Propriétés de l'eau :

### I.2.3 Propriétés physiques de l'eau :

L'eau sur Terre a une phase liquide particulièrement importante avec les principales propriétés physiques suivantes :

#### I.2.3.1 Point d'ébullition :

Dans les phases liquide et solide de l'eau, les liaisons hydrogène maintiennent fermement les molécules ensemble. C'est parce que ces liaisons doivent être rompues que l'eau a un point d'ébullition particulièrement élevé pour les molécules de cette masse molaire. Cette propriété de l'eau permet l'existence d'une phase liquide importante aux températures que nous connaissons sur Terre. Cette phase liquide est nécessaire à l'émergence et au maintien de la vie telle que nous la connaissons sur cette planète.

#### I.2.3.2 Viscosité :

La viscosité de l'eau varie considérablement en fonction de sa composition chimique et de sa température, de sorte que deux eaux peuvent être non miscibles. Ce phénomène est La continuité des courants océaniques qui régulent les climats planétaires est particulièrement importante.

**I.2.3.3 Solvant :**

L'eau est le solvant le plus important à la surface de la Terre. Par conséquent, il traite les minéraux et les matières organiques qu'il traverse et les dissout.

**I.2.3.4 Tension:**

La tension superficielle de l'eau est très élevée. Cette propriété permet la formation de gouttes et favorise l'ascension capillaire.

**I.2.3.5 Chaleur spécifique :**

L'eau est l'élément naturel dont la chaleur spécifique est la plus élevée :  $4185 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ . Elle demande donc beaucoup d'énergie pour être réchauffée et pour être refroidie.

**I.2.3.6 Chaleur latente :**

Les chaleurs latentes de fusion et de vaporisation de l'eau sont élevées. Comme l'énergie est prélevée sur le substrat on comprend que le phénomène d'évaporation de l'eau vers l'atmosphère refroidisse continuellement les océans. Ces caractéristiques expliquent que l'hydrosphère liquide agisse comme un tampon thermique qui régularise la température terrestre.

**I.2.3.7 Capacité thermique :**

L'eau présente une très grande capacité thermique de tous les fluides. Du fait de cette capacité, les masses d'eau agissent comme des tampons ou régulateur contre les changements élevés de température.

**I.2.3.8 Transparence :**

L'eau est transparente dans le spectre visible, mais elle absorbe le rayonnement infrarouge dès les premiers mètres d'épaisseur, ce qui explique que seules les eaux superficielles se réchauffent.  
[6]

**I.2.4 Propriétés chimiques de l'eau :**

L'eau est un excellent solvant pour dissoudre de grandes quantités de sels, de gaz et de molécules organiques. Les réactions chimiques de la vie se déroulent en milieu aqueux, ces organismes sont très abondants en eau (jusqu'à plus de 90%). Il a longtemps été considéré comme

un solvant neutre qui ne participe guère aux réactions chimiques. La dilution avec de l'eau ralentit surtout l'activité du réactif. En fait, l'eau est un produit chimique très agressif qui peut attaquer les parois du récipient dans lequel elle est contenue, comme dans les bouteilles en verre, où les ions de silicium traversent l'eau. D'un point de vue réglementaire, l'eau pure peut exister, c'est-à-dire une eau exempte de bactéries et de contaminants chimiques, mais d'un point de vue chimique, elle n'existe pas réellement (même l'eau distillée contient des traces prélevées dans les tuyaux et les conteneurs d'ions ou de molécules organiques).

### **I.2.5 Propriétés biologiques L'eau :**

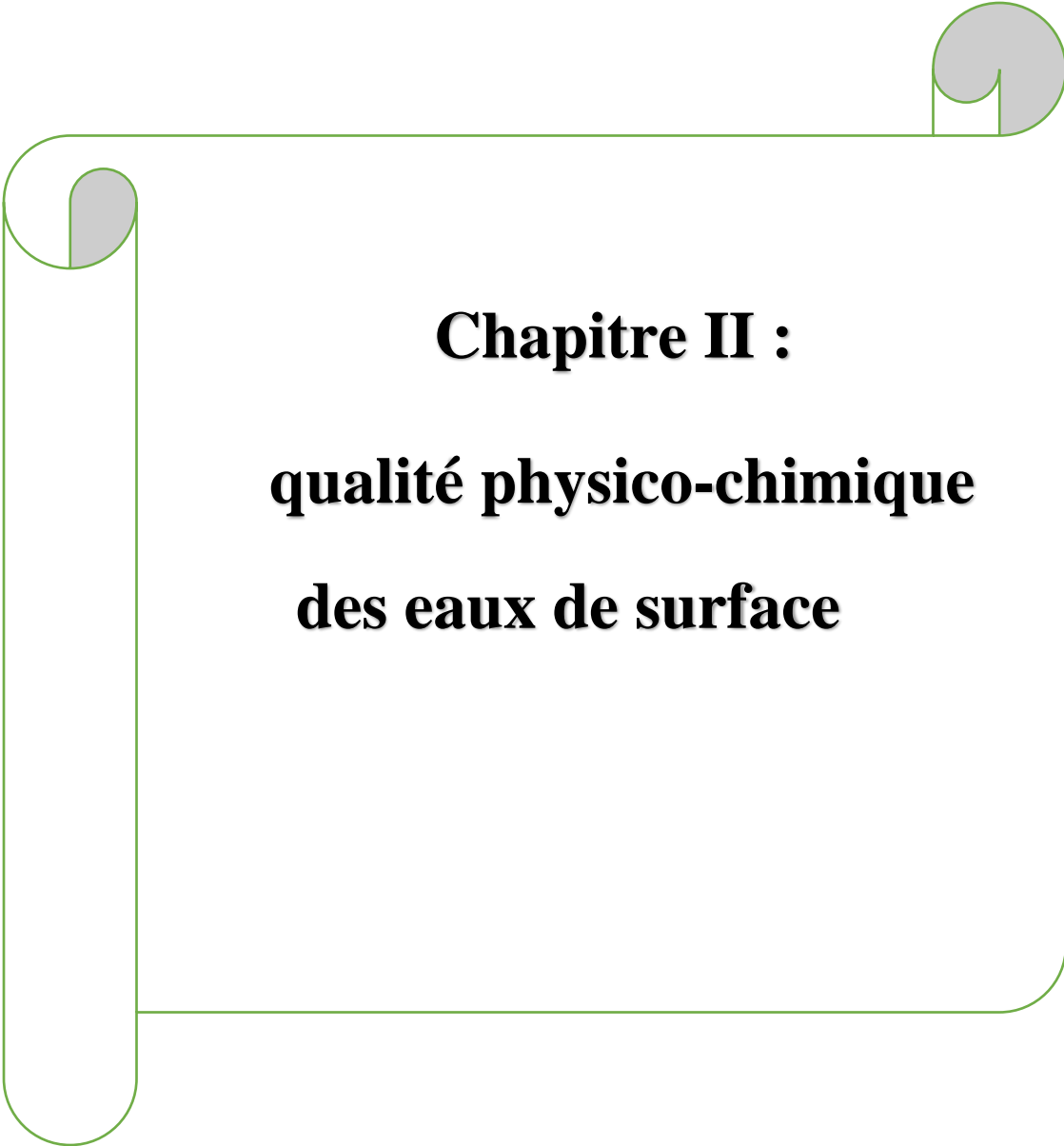
L'eau, l'oxygène et le dioxyde de carbone contribuent à créer des conditions favorables au développement des êtres vivants. Il existe un cycle biologique au cours duquel se produisent une série d'échanges dus à l'eau. C'est le composant principal (en volume) des êtres vivants, en particulier le protoplasme de toutes les cellules. L'eau constitue également la majeure partie de notre alimentation (70 à 95 % de la plupart de nos viandes, fruits et légumes). On peut voir que "l'eau c'est la vie". [6]

## **Conclusion**

L'eau étant un élément essentiel à la vie et à la santé d'une population, des normes d'eau potable doivent être élaborées sur la base de recherches scientifiques démontrant des effets nocifs sur la santé, allant d'éléments physico-chimiques jusqu'à ne pas dépasser une certaine concentration maximale. sera bien en dessous de cette dose pour éviter la pathologie malgré le dépassement du seuil.

Les problèmes d'approvisionnement en eau potable en Algérie présentent des dimensions à la fois quantitatives (augmentation de la consommation) et qualitatives (contamination sous son influence).

Pour répondre à ces besoins, le législateur algérien a créé un régime réglementaire vu comme un moyen. Le contrôle de la qualité de l'eau joue un rôle important dans la santé publique car il peut provoquer des changements catastrophiques pour le sol, les personnes et même les personnes. Affecter la santé de toute la population.

A decorative graphic of a scroll with a green outline and grey circular accents at the corners. The text is centered within the scroll.

**Chapitre II :**  
**qualité physico-chimique**  
**des eaux de surface**

## Introduction

L'eau de surface est l'eau qui circule ou est stockée à la surface des continents. Elles proviennent soit des eaux souterraines, dont la présence constitue une source d'eau, soit des eaux de ruissellement (rivières, barrages, mares, marigots).

Ils se caractérisent par une interface eau-air en mouvement constant et des vitesses de circulation considérables [3].

De plus, ces eaux de surface doivent subir plusieurs étapes de traitement avant de pouvoir être utilisées pour la consommation et l'usage domestique. Ils ne peuvent pas être utilisés sans traitement. De plus, pour envisager l'approvisionnement de la population à partir des eaux de surface, il faut éviter les conditions propices à l'érosion des sols, l'insalubrité et les pollutions accidentelles et chroniques [3].

Sources D'eau De Surface Parmi les eaux de surface, on peut citer :

- Les fleuves, les rivières, les lacs, les ruisseaux, les cours d'eau,
- Les eaux de ruissellement (eaux de pluies),
- Les réservoirs,
- Les lacs de barrage,
- Les mers et les océans,
- Les eaux côtières,
- Les zones humides ou eaux de transitions, c'est-à-dire toutes les masses d'eau situées à proximité des embouchures de rivières ou de fleuves (estuaires, vasières, marais côtiers, lagunes, mares, bordures de lacs...).[1]

## II.1 Le Rôle Des Eaux De Surface Dans Le Cycle De L'eau

Qu'elles soient naturelles ou artificielles, les eaux de surface participent activement au cycle de l'eau. Les grandes masses d'eau jouent un rôle sur la température et le climat local. Par exemple, plus la masse d'eau est importante (mer, océan) et plus le vent peut être fort. A l'inverse, les eaux superficielles de montagne, étant plus étroites, peuvent servir de barrière entre les fronts météorologiques.

Les eaux de surface contribuent à la vie de la faune et de la flore environnante, puis finissent par s'évaporer ou rejoindre par ruissellement les eaux souterraines favorisant ainsi la recharge des nappes phréatiques. [1]

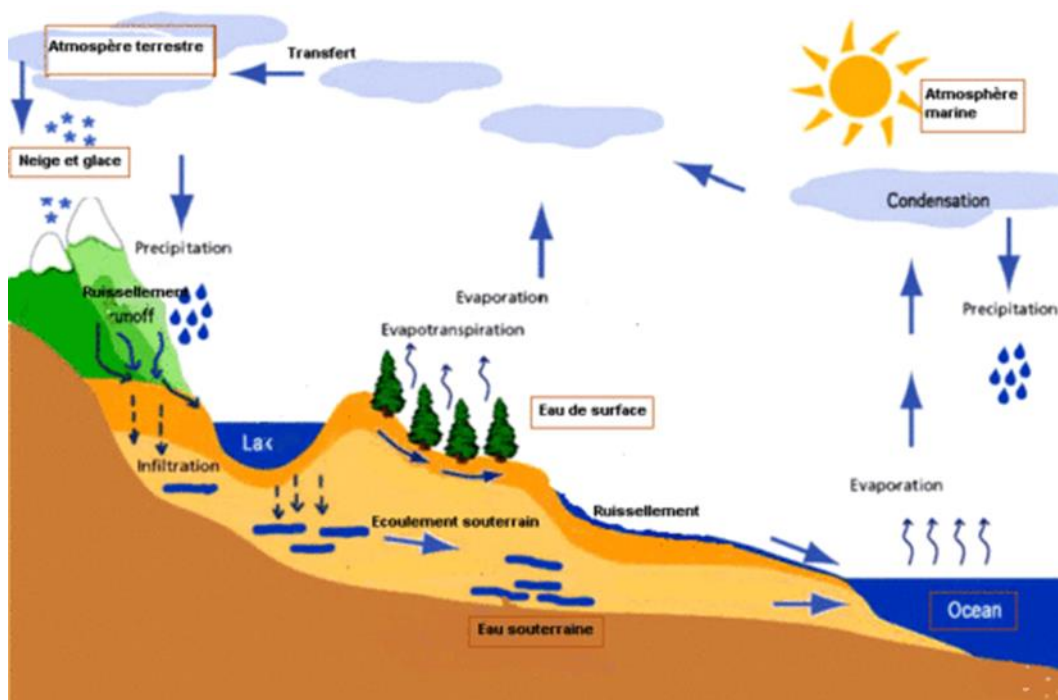


Figure. N°4: Les eaux de surface – [1]

## II.2 Carcterestique de l'eau surface

- pH, conductivité, oxygène dissous, température et turbidité sont mesurés in situ. Ils permettent une première estimation de la qualité du milieu.
- Les phosphates, amoniaques, nitrates et Fer permettent de mesurer l'impact de rejets polluants.
- Les analyses bactériologiques confirment en règle générale la pollution microbienne de ces eaux de surface, mais permettent de fixer son importance. Les indices biologiques sont interressants essentiellement pour les eaux courantes.
- Les périodes et stations d'études sont choisies pour cerner au mieu la variabilité spatiale et temporelle de la qualité du milieu. A titre d'exemple, une étude du milieu "pond" en cours de réalisation se déroule sur une période de saison sèche et de saison des pluies. Les prélèvements sont faits en différents points: au niveau du ponton utilisé par les gens pour puiser, sur la berge opposée, et au centre à une plus grande profondeur. Ces prélèvements sont également réalisés à différentes heures de la journée: le matin avant et après puisage, et dans l'après midi.

**Tableau01: indicateurs chimiques de pollution des eaux de surface [4]**

	<b>situation normale eau normale</b>	<b>situation douteuse eaux polluées</b>	<b>situation anormale eau fortement polluée</b>
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , mg/l	< 20	20 à 120	> 120
PO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , mg/l	<300	300 à 500	> 500
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , mg/l	< 0.01	0.01 à 0.1	> 1
NH <sub>4</sub> <sup>-</sup> , mg/l	< 0.01	0.01 à 0.1	> 1
Oxydabilité, mg/l O <sub>2</sub>	> 2	2 à 3	3 à 6
DBO <sub>5</sub> , mg/l O <sub>2</sub>	< 1	3 à 6	> 6

## **II.2.1 Des caractéristiques variables suivant le climat, les saisons et l'environnement géologique**

Les eaux de surface contiennent souvent beaucoup de matières naturelles en suspension ainsi que des substances dissoutes qui varient selon la pluviométrie et la qualité géologique des reliefs qui l'entourent.

En effet, la composition minérale des eaux de surface varie :

- Suivant le terrain sur lequel elles évoluent,
- La pluviométrie,
- Les rejets polluants provenant des activités humaines

La plupart des eaux de surface sont naturellement riches en oxygène et pauvres en dioxyde de carbone.

Les matières en suspension et en solution peuvent contenir des effluents polluants qui empêchent l'utilisation des eaux de surface à l'état brut à des fins domestiques ou industrielles. C'est ainsi qu'elles doivent subir des traitements de potabilisation avant d'être utilisée pour toute activité humaine (agricole, industrielle, domestique). Si leur qualité est véritablement trop dégradée, elles sont écartées de toute utilisation. .[1]

## **II.3 Paramètres de la qualité des eaux superficielles**

L'appréciation de la qualité des eaux de surface se base sur la mesure de paramètres physico-chimiques ainsi que sur la présence ou l'absence d'organismes et de micro-organismes aquatiques.[28]

### **II.3.1 Paramètres physiques**

#### **II.3.1.1 Température**

La température de l'eau joue un rôle important dans la solubilité des sels et des gaz. De plus, la vitesse des réactions chimiques et biochimiques augmente d'un facteur 2 à 3 pour chaque augmentation de température de 10°C.

Lorsque la température de l'eau augmente, les activités métaboliques des organismes aquatiques s'accroissent également. La valeur de ce paramètre est influencée par la température ambiante, mais aussi par le rejet d'eaux usées thermiques [31].

La source principale de nuisance thermique pour les eaux de surface est constituée par les centrales thermiques (70 à 80 %), le reste étant lié à la métallurgie, aux industries chimiques et alimentaires.....etc. [29]

Les basses températures ralentiront la réaction d'oxydation, affectant ainsi l'auto-nettoyage du cours d'eau, les températures élevées accéléreront le phénomène d'oxydation, entraînant une diminution du taux d'oxygène dissous et une diminution de la solubilité de l'oxygène. [30]

### **II.3.1.2 Turbidité (Transparence)**

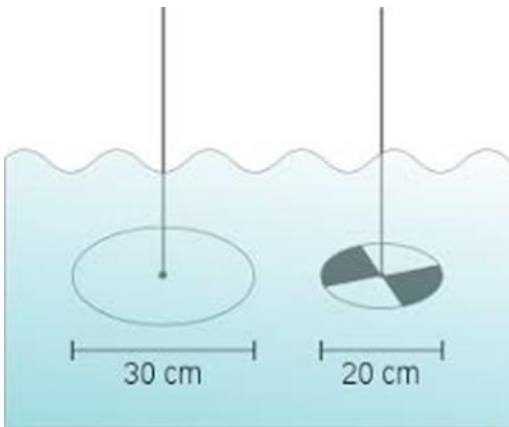
C'est un paramètre, qui varie en fonction des composés colloïdaux (argiles, débris de roche, micro-organismes,...) ou aux acides humiques (dégradation des végétaux) mais aussi pollutions qui troublent l'eau. Avec un appareil (turbidimètre) on mesure la résistance qu'elle oppose par l'eau au passage de la lumière pour lui donner une valeur..

En France on mesure la turbidité par la méthode normalisée NTU (Nephelometric Turbidity Unit) par spectrométrie, c'est à dire mesure de l'absorption de la lumière par l'eau.

- ❖ NTU < 5 => eau claire
- ❖ NTU < 30 => eau légèrement trouble
- ❖ NTU > 50 => Eau trouble.

Une importante turbidité de l'eau entraîne une réduction de sa transparence qui réduit la pénétration du rayonnement solaire utile à la vie aquatique (photosynthèse).

La turbidité de l'eau peut aussi être mesurée en cm par une autre méthode beaucoup plus simple avec un disque de Secchi. (prononcez séki) C'est un disque de 20cm de diamètres lesté qui est descendu horizontalement au bout d'une cordelette (qui peut être graduée en cm) dans l'eau d'un lac, d'une rivière, d'un bassin de station d'épuration. Les quatre quarts du disque sont noirs et blancs pour que celui-ci soit bien visible. La longueur de cordelette entre la surface de l'eau et le niveau où la profondeur où le disque de Secchi devient invisible (On ne distingue plus les zones blanches des noires) donne la mesure arrondi au 10cm proche, par exemple 1,8 (pour 1,78m).



**Figure N°5 : le disque de Secchi [7]**

### **II.3.1.3 Matières En Suspension M E S**

On appelle matières en suspension les très fines particules en suspension (sable, argile, produits organiques, particules de produits polluant, micro-organismes,...) qui donnent un aspect trouble à l'eau, (turbidité) est s'opposent à la pénétration de la lumière nécessaire à la vie aquatique.

En trop grande quantité elles constituent donc une pollution solide des eaux.

La quantité de matières en suspension totale (MEST) se mesure par filtration d'un litre d'eau et pesage des résidus séchés. Le résultat s'exprime en mg/l. (On estime qu'un habitant rejette environ 90 grammes par jour de MES dans ses eaux usées).

### **II.3.1.4 Conductivité électrique**

La mesure de la conductivité électrique permet une évaluation rapide mais très approximative de la minéralisation globale de l'eau [33]. Les écarts sont plus importants du fait d'une minéralisation initiale plus faible, notamment dans les zones à matrices acides ou sous-sols siliceux. Une conductivité élevée reflète un pH anormal ou plus communément une salinité élevée, soit naturellement, soit en raison de déchets salés [30]. Nous pouvons admettre que les situations au-dessus de 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  sont idiosyncrasiques ou anormales, tandis que les conductivités de l'eau au-dessus de 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  rendent l'eau considérée comme difficile à utiliser dans les zones d'irrigation. Pour une utilisation industrielle, l'interprétation des résultats doit être basée sur une analyse complète de l'eau. Afin de contrôler les émissions industrielles, il est nécessaire de retenir, que la conductivité ne reflète qu'une minéralisation globale et ne permet pas d'identifier les

éléments chimiques en cause [31]. Il existe une relation non linéaire entre la mesure de la conductivité électrique et le taux de minéralisation (tableau .08).

**Tableau 02: Relation entre la minéralisation et la conductivité électrique [3].**

<b>Conductivité électrique</b>	<b>Taux de minéralisation</b>
$C.E < 100\mu S/cm$	Minéralisation très faible
$100 < C.E < 200\mu S/cm$	Minéralisation faible
$200 < C.E < 333\mu S/cm$	Minéralisation moyenne
$333 < C.E < 666\mu S/cm$	Minéralisation moyenne accentuée
$666 < C.E > 1000\mu S/cm$	Minéralisation importante
$C.E > 1000 \mu S/cm$	Minéralisation élevée

### **II.3.1.5 Le pH**

Le pH (potentiel hydrogène) régule un grand nombre d'équilibres physico-chimiques.

Il interfère avec d'autres paramètres tels que la dureté, le dioxyde de carbone, l'alcalinité et la température. [31]

Le pH de l'eau naturelle est lié à la nature du terrain qu'elle traverse et varie généralement entre 7,2 et 7,6 [6] Cependant, dans certains cas, il peut fluctuer entre 4 et 10 selon le degré d'acidité ou d'alcalinité du terrain .

Un pH bas augmente le risque que les métaux soient présents sous des formes ioniques plus toxiques. Des niveaux de pH élevés peuvent augmenter les concentrations d'ammoniac qui sont toxiques pour les poissons.

## **II.3.2 Paramètres Chimiques**

### **II.3.2.1 Dureté**

Une eau est dite douce ou dure selon sa charge en calcium et en magnésium.

La somme des deux éléments constitue le Titre Hydrotimétrique qui s'exprime en France en degrés français (symbole °F ou ° FH) sur une échelle de 0 à 40.

(1°F = 4mg/l de calcium ou 2,4mg/l de magnésium).

– Une eau sera dite dure si son TH est > à 15 °F.

Une eau trop dure a pour inconvénients d'entartre les canalisations et un usage plus important de détergents pour le lavage.

– Une eau sera dite douce si son TH est < à 15 °F.

Une eau trop douce sera dite «agressive » parce que corrosive pour les conduites.

### **II.3.2.2 Oxygène dissous**

La concentration en oxygène dissous et le pH sont parmi les paramètres de qualité de l'eau les plus importants pour les organismes aquatiques. Dans les eaux de surface, l'oxygène dissous provient principalement de l'atmosphère et de la photosynthèse par les algues et les plantes aquatiques. La concentration d'oxygène dissous varie quotidiennement et saisonnièrement car elle dépend de nombreux facteurs tels que la pression partielle d'oxygène dans l'atmosphère, la température de l'eau, la salinité, la pénétration de la lumière, l'agitation de l'air et la disponibilité de l'eau et des nutriments. Les concentrations dépendent également de l'activité des organismes aquatiques et de la vitesse à laquelle l'oxygène dans l'environnement est épuisé par les processus d'oxydation et de décomposition de la matière organique présente dans l'eau.[31]

### **II.3.2.3 Chlorures (sels).**

Ils ne sont pas nocifs, mais constituent un important indicateur d'arrivée de pollution. Ils ne sont pas éliminés par les stations d'épuration.

Dans la nature ils sont souvent indicateurs d'arrivée d'effluents urbains. A titre indicatif, dans l'eau du robinet le maximum admis est de 250 mg/l. de chlorures.

La concentration naturelle de l'eau en chlorure est fonction de la géologie des sols en générale inférieure à 50 mg/l.

#### **II.3.2.4 Matières Organiques**

La MATIÈRE ORGANIQUE (MO) contenue dans les eaux est la partie non encore décomposée de la pollution organique (matières vivantes mortes ou déjections de organismes vivants).Elles sont donc naturellement présentes dans l'eau, mais à faible concentration. S'il y en a plus, il y a pollution provenant de rejets d'eaux usées domestiques mal épurés, d'effluents agricoles, etc. La MO peut se rencontrer dans l'eau soit dissoute, soit sous forme particulaire visible.

#### **II.3.2.5 Demande biochimique en oxygène (DBO)**

La demande biochimique en oxygène (DBO) est une mesure de la pollution organique des masses d'eau. C'est la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes suivants pour assurer l'oxydation et la dégradation des matières organiques présentes dans les eaux usées

Par exemple, les matières organiques fermentescibles rejetées par la bouche d'évacuation des égouts, sous l'action de bactéries aérobies, vont immédiatement consommer l'oxygène dissous contenu par dégradation, qui va s'affaiblir dans le sens du courant [34]. L'indicateur utilisé est généralement la DBO5 qui correspond à la quantité d'oxygène (en mg/l) nécessaire aux microorganismes en décomposition pour dégrader et minéraliser la matière organique d'un litre d'eaux usées en 5 jours.

L'analyse de la DBO5 est particulièrement intéressante pour évaluer la qualité de l'eau brute. [32]Le tableau 7, classe les eaux du point de vue qualité selon les valeurs de DBO5.

**Tableau N° 03 : Qualité de l'eau en fonction de la DBO5.[3]**

<b><i>DBO<sub>5</sub></i></b>	<b>Qualification de l'eau</b>
<i>DBO<sub>5</sub></i> < 1 mg/l d' <i>O<sub>2</sub></i>	Excellente qualité
<i>DBO<sub>5</sub></i> = 2 mg/l d' <i>O<sub>2</sub></i>	Bonne qualité
<i>DBO<sub>5</sub></i> = 3 mg/l d' <i>O<sub>2</sub></i>	Qualité moyenne
<i>DBO<sub>5</sub></i> = 5 mg /l	Eau moyennement polluée
<i>DBO<sub>5</sub></i> > 10 mg / l	Eau polluée

- le pH : en dehors des limites 6,5-8,3, la DBO mesurée peut ne correspondre qu'à une fraction de la DBO réelle.
- la teneur en sels nutritifs : si le milieu n'est pas assez riche en dérivés azotés et phosphorés, la courbe de la DBO croit beaucoup plus lentement et la DBO5 observée est, une fois encore, trop faible.
- la présence de substances inhibitrices ou de matières peu ou non biodégradables : elle se traduit par une période plus ou moins longue d'acclimatation des bactéries.
- les micro-organismes : ils doivent être en nombre suffisant : on observe que le pourcentage de DBO satisfaite en un temps donné, augmente avec le degré de diversité des espèces et leur stade d'acclimatation.

## **II.4 Différentes formes d'azote**

### **II.4.1 Azote ammoniacal**

L'azote ammoniacal est souvent présent dans les eaux de surface et provient de la matière organique végétale et animale des cours d'eau. En général, l'ammonium est converti assez rapidement en nitrite et en nitrate par oxydation bactérienne. [32] L'ammonium lui-même est inoffensif. À mesure que le pH augmente, nous trouvons de l'ammoniac, un gaz qui se dissout dans l'eau et qui est toxique pour la vie aquatique. Des problèmes surviennent à une concentration de NH<sub>3</sub> 0,1 mg /l. [28]

## II.4.2 Nitrates

L'azote des nitrates, comme celui des nitrites et de l'ammoniac, constitue l'un des éléments nutritifs des plantes et à ce titre a donné lieu, avec le phosphore, à des études intensives sur le terrain. Les nitrates se trouvant naturellement dans les eaux, proviennent en grande partie de ruissellement des eaux sur le sol constituant le bassin versant. [32]

## II.4.3 Nitrites

Le nitrite est une étape importante dans le métabolisme des composés azotés, ils sont adaptés au cycle de l'azote entre l'ammoniac et le nitrate. Leur présence est due à l'oxydation bactérienne de l'ammoniac ou à la réduction des nitrates. ils ne représentent pas

Juste une étape intermédiaire qui s'oxyde facilement en nitrate (chimiquement et bactériennement).



Figure. N°6:Le cycle de l'azote[47]

## II.4.4 Le Phosphore

Le phosphore, élément indispensable au développement de tous les organismes vivants, ne doit être naturellement présent qu'en très faible quantité dans le sol et dans les eaux, au delà il constitue une pollution par perturbation de milieu aquatique.

Une présence importante de phosphates dans les eaux n'est pas naturelle. La plus grande part du phosphore que l'on retrouve actuellement dans les eaux des cours d'eau provient:

– des rejets d’eaux résiduaires, en premier lieu des déversements urbains, c’est à dire des déjections humaines, des matières organiques en décomposition, des polyphosphates des lessives  
Le rejet en phosphore total (PT) d’une personne = 1 équivalent habitant (EH) est d’environ 4g. de PT par jour. En rapportant cette quantité au volume journalier des effluent de cette personne, on obtient une concentration d’environ 25 mg/litre de PT. .

– des pratiques agricoles: épandages de lisiers et d’engrais phosphatés utilisés en agriculture (provenant des mines de phosphates du Maroc, des US, de Chine),et ruissellements d’effluents agricoles, écoulements de purins, déjections animales,..

De bonnes pratiques agricoles en matière d’élevage raisonnable, de gestion et d’épandage des effluents peuvent limiter les excès de phosphore.

Entrainé dans les eaux, cet élément s’y retrouve essentiellement sous forme de phosphore organique (résidu de la matière vivante) ou de phosphore minéral (ou phosphate inorganique) représenté essentiellement par les orthophosphates (PO<sub>4</sub>).

## **II.5 L’usage de l’eau**

### **II.5.1 L’usage domestique**

Les eaux de consommation publique sont utilisées à différent fins ,un habitant consommé 120 l/j ,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%) aux 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%).[27]

### **II.5.2 Les besoins agricole**

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 200000 m<sup>3</sup> d’eau pendant sa période végétative, et un hectare de riz 400000 m<sup>3</sup> en moyenne). [27]

### **II.5.3 Les besoins industriels**

L'industrie est consommatrice de l'eau, elle a de multiple 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). [27]

On ne peut gérer une eau ou donner sa destination, qu'après avoir vérifié sa qualité vis-à-vis des normes demandées par les utilisateurs. A cet effet la norme de chaque consommateur doit impérativement répondre aux critères de potabilité. Ainsi l'alimentation en eau potable est basée sur les limites données par l'OMS. Quant à l'irrigation l'exigence est relativement moindre, elle est basée essentiellement sur la salinité et la texture du sol.

La norme demandée par le secteur industriel, reste jusqu'à lors dépendante du domaine d'application.

## **Conclusion**

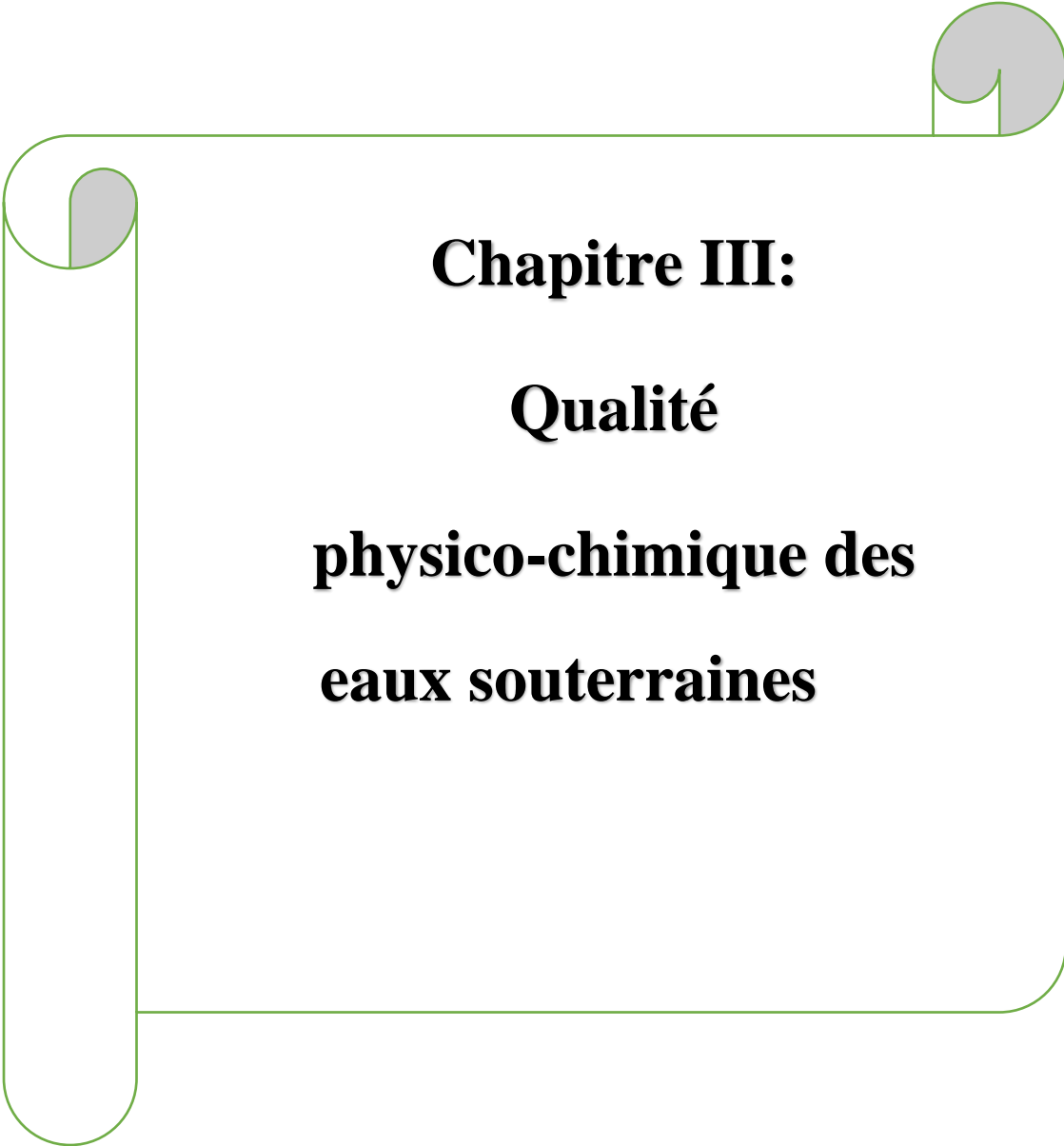
L'importance de l'eau de surface découle de sa facilité d'accès, de sorte qu'elle est utilisée pour de nombreuses utilisations humaines, car l'eau de surface est une source importante d'eau potable, de cuisine et de nettoyage, ainsi qu'elle est utilisée pour irriguer les terres agricoles, et les zones humides constituent un environnement propice aux plantes aquatiques et à la faune, et maintenir les écosystèmes.

Il existe trois formes d'eau de surface, qui sont les suivantes :

Eau de surface permanente : c'est l'eau que l'on trouve dans les rivières, les lacs, les sources et les marécages tout au long de l'année, et qui est reconstituée par l'eau de pluie.

Eaux de surface semi-permanentes : comprend les masses d'eau qui ne retiennent l'eau que pendant une période de l'année ; Tels que les petits ruisseaux, les lacs ou les zones basses dans lesquelles l'eau s'accumule pendant une période spécifique.

Eau de surface artificielle : comprend l'eau contenue dans les structures artificielles, telles que les barrages et les étangs artificiels.

A decorative graphic of a scroll with a green outline and grey circular accents at the corners. The text is centered within the scroll.

**Chapitre III:**  
**Qualité**  
**physico-chimique des**  
**eaux souterraines**

## **Introduction**

On entend par « eau souterraine » l'eau qui se trouve sous le niveau du sol et qui remplit soit les fractures du socle rocheux, soit les pores présents dans les milieux granulaires tels les sables et les graviers. Contrairement à l'eau de surface, l'eau souterraine n'est pas canalisée comme un ruisseau ou une rivière, mais elle circule en profondeur dans les formations géologiques qui constituent l'espace souterrain. L'eau souterraine est une composante importante du cycle hydrologique; l'eau provenant des précipitations s'infiltré dans le sol, circule verticalement jusqu'à la zone de saturation (nappe phréatique) et se déplace vers la zone naturelle de résurgence (les cours d'eau) située en aval .[33]

Dans le milieu poreux, on considère deux types d'eau :

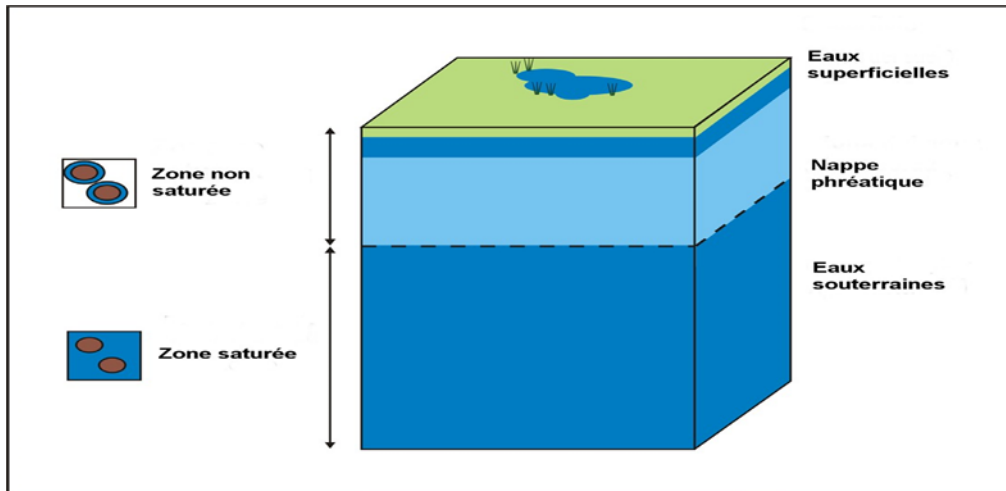
- l'eau de gravité, entraînée par la pesanteur, circule dans les pores grossiers et moyens.

Elle représente la fraction mobile dans le sol et contribue aux transferts de matière en solution et en suspension.[35]

### **III.1 Les eaux souterraines**

La nappe chemine en sous-sol sur la couche imperméable, en suivant les pentes, parfois pendant des dizaines voire des centaines de kilomètres, avant de ressortir à l'air libre, alimentant une source ou un cours d'eau. Les nappes souterraines fournissent ainsi presque le tiers du débit total de tous les cours d'eau de la planète, soit environ 12 000 kilomètres cubes d'eau par an.

Le niveau de l'eau souterraine, au-dessous duquel les roches ou sédiments sont saturés, est appelé nappe phréatique. On trouve aussi de l'eau au-dessus de la nappe phréatique, dans la zone non saturée, par exemple sous forme d'eau du sol, mais cette eau n'est normalement pas exploitée par l'homme et on ne pas la considérée comme une eau souterraine (Figure.07).



**Figure07 : Présentation des eaux souterraines .[3]**

### **III.1.1 Qu'est-ce qu'un réservoir d'eau souterrain:**

Un aquifère est un corps (couche, massif) de roches perméables comportant une zone saturée suffisamment conductrice d'eau souterraine pour permettre l'écoulement significatif d'une nappe souterraine et le captage de quantité d'eau appréciable. Un aquifère peut comporter une zone non saturée. L'aquifère est homogène quand il a une perméabilité d'interstices (sables, graviers); la vitesse de percolation y est lente. Il est hétérogène avec une perméabilité de fissures (granite, calcaire karstique); la vitesse de percolation est plus rapide.[36]

### **III.2 Type des nappes**

#### **III.2.1 Nappe libre :**

Les aquifères souterrains peuvent être divisés en deux types, selon qu'ils coulent sous une couche perméable. Les aquifères situés sous un sol perméable sont dits libres. Au-dessus de la nappe phréatique, en effet, les pores d'un sol perméable ne sont que partiellement remplis d'eau, le sol n'est pas saturé et l'eau de pluie peut toujours pénétrer plus loin. De plus, la nappe phréatique peut être relevée ou abaissée à volonté. Ainsi, ces aquifères peuvent contenir des volumes d'eau variables.

### III.2.2 Nappe captive :

Situé entre deux couches géologiques imperméables qui confinent l'eau sous pression. Cela peut cracher dans des forages dits artésiens. Les aquifères captifs ont souvent plusieurs centaines de mètres de profondeur ou plus. Ils se mettent à jour plus lentement. Une partie de leur approvisionnement provient des ceintures affleurantes des aquifères [53], et ils bénéficient d'une conservation naturelle, représentée par les formations géologiques imperméables sus-jacentes. Par conséquent, ils sont moins sensibles à la contamination de surface..

### III.2.3 Nappe semi captive :

La couche supérieure ou inférieure (ou les deux) de l'aquifère est généralement constituée de formations hydrogéologiques semi-perméables. Cela permet un échange d'eau (ou de pression) avec des aquifères superposés ou sous-jacents appelés drainage sous certaines conditions hydrodynamiques favorables (différences de charge). Ce phénomène suggère un aquifère semi-confiné .[36]

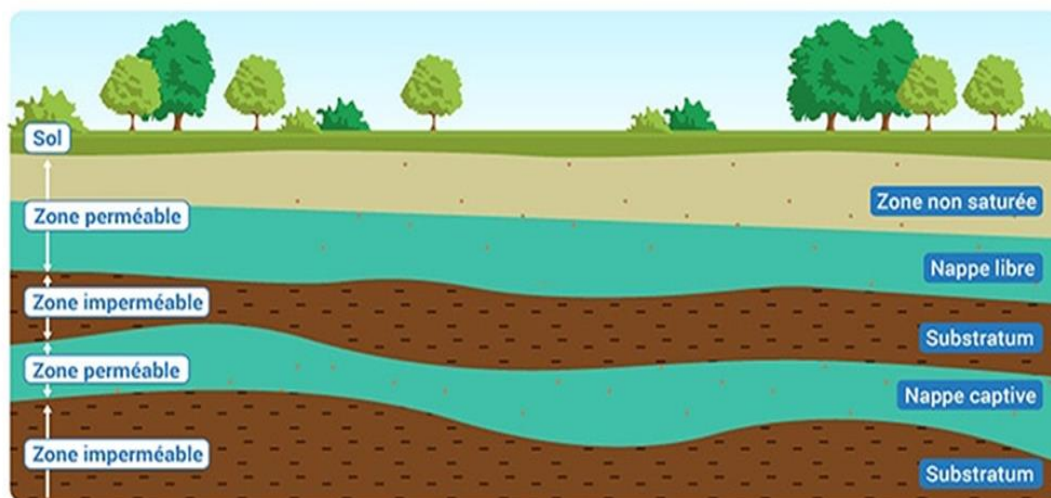


Figure N°08 : schéma des nappes libres et captives [1]

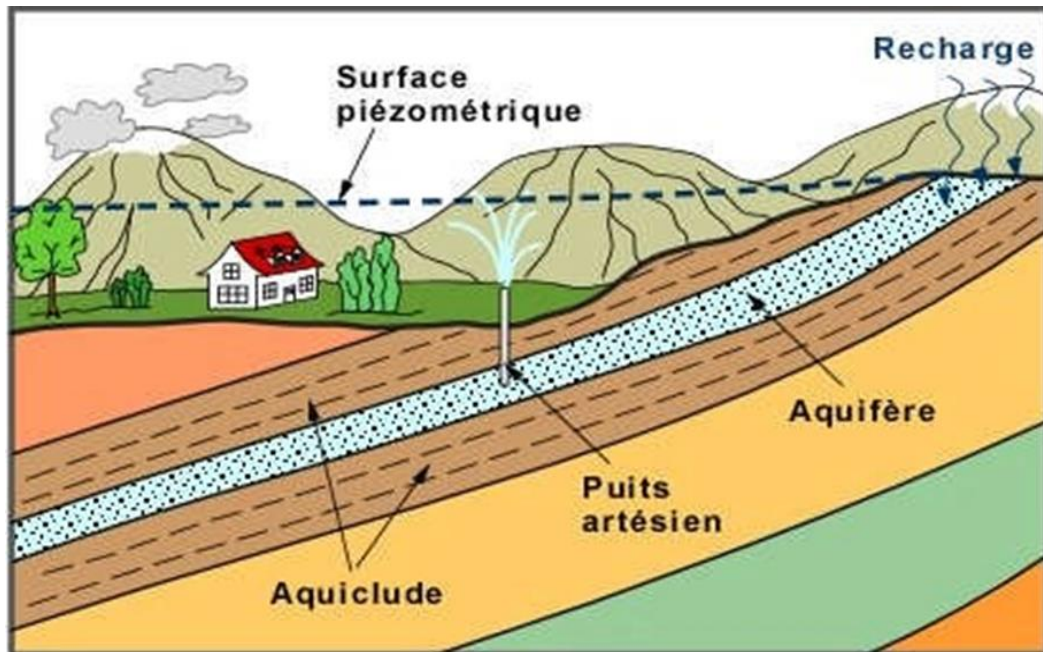


Figure N°09 : Schema d'une aquifère [53]

### III.3 Qualité physico-chimique :

Il est important de noter qu'une évaluation ponctuelle de l'eau peut ne pas refléter la nappe phréatique ou la qualité globale du plan d'eau. L'analyse physico-chimique de l'eau souterraine désigne toutes les actions visant à déterminer la valeur d'un échantillon, qu'il s'agisse d'analyse, de mesure, d'observation, etc... réalisées en laboratoire ou sur site à une station de mesure.

Les informations relatives aux résultats de l'analyse sont fournies par l'organisme responsable de l'analyse et communiquées sous la responsabilité de l'organisme générateur des données, qui est chargé de confirmer ou non les résultats liés à la connaissance et à la maîtrise du processus analytique. La génération des données et la probabilité et la représentativité de qui a commis ou non les données par rapport au contexte dans lequel l'échantillon a été collecté. [37]

### **III.3.1 Les paramètre physique :**

#### **III.3.1.1 Température :**

La température de l'eau est un paramètre de confort d'utilisation. Il corrige également les paramètres analytiques dépendant de la température (en particulier la conductivité). De plus, en mettant en évidence le contraste des contrastes de température de l'eau sur le support, il peut obtenir des informations sur la source et le débit de l'eau. La température doit être mesurée sur place. Les conductimètres ou les pH-mètres ont souvent des thermomètres intégrés.

Il est très important de connaître précisément la température de l'eau.

En effet, il joue un rôle dans la solubilité des gaz, la dissociation des sels dissous et la détermination du pH, de la provenance de l'eau et des mélanges éventuels. De plus, cette mesure est très utile pour les études limnologiques. En général, la température de l'eau est affectée par sa source [45]. C'est aussi un facteur important de la production biologique, car il affecte ses propriétés physiques et chimiques, en particulier sa densité, sa viscosité, la solubilité des gaz (en particulier l'oxygène) et la vitesse des réactions chimiques et biochimiques. .[38]

#### **III.3.1.2 Turbidité**

Certains paramètres physico-chimiques liés à la filtration, notamment la turbidité et le pH, sont parfois mesurés dans les études utilisées pour détecter les oocystes dans les échantillons environnementaux.

La turbidité joue un rôle important dans la filtration et correspond généralement à la quantité de matières en suspension (MES) dans une eau composée de limon, d'argile, de particules organiques et inorganiques, de plancton et d'autres micro-organismes.

L'évaluation de niveaux quantitatifs élevés de ces matériaux a mesuré le trouble. Il a également été montré que les suspensions de tailles inférieures à celles-ci sont celles qui jouent un rôle important dans le transfert de métal. [39]

### III.3.1.3 pH :

Le pH, également appelé potentiel hydrogène, mesure la concentration d'ions  $H_3O^+$  dans une solution aqueuse. Par conséquent, la valeur du pH peut connaître l'acidité de l'eau. Le pH [40] et la turbidité font partie des facteurs affectant la sensibilité de l'IMS [41], dont le plus important est la concentration en carbone dioxyde associé à la minéralisation [39], selon la provenance de l'eau, les propriétés géologiques de la matrice et l'intersection du versant du bassin [42]. Il semble que le pH n'ait un effet direct que sur la survie et le transport des microorganismes pathogènes [35].

L'effet du pH du sol sur la migration des microorganismes pathogènes se situe principalement au niveau du processus d'adsorption. [43]

Le pH (Potentiel Hydrogène) mesure la concentration d'ions  $H^+$  dans l'eau, qui traduit l'équilibre entre acide et base dans une plage de 0 à 14,7, un pH neutre. Ce paramètre détermine un grand nombre d'équilibres physico-chimiques et dépend de nombreux facteurs, la valeur du potentiel hydrogène dans l'eau naturelle est comprise entre 6 et 8,5 [44]

### III.3.1.4 La conductivité électrique :

La conductivité est un des moyens de valider l'analyse physico-chimique de l'eau, en effet, le contraste des conductivités mesurées sur un milieu peut mettre en évidence des zones de contamination, de mélange ou de perméation...

La conductivité est également fonction de la température de l'eau et, à mesure que la température augmente, la conductivité devient plus importante. Il est également utilisé pour évaluer la quantité de sels dissous dans l'eau [46][45]. Et elle constitue une bonne appréciation de la minéralisation de l'eau. Une conductivité élevée une quantité de sels dissous très importante [39] et elle donne une idée de la minéralisation d'une eau et elle est à ce titre un bon marqueur de l'Origine d'une eau [38]

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau.

Ce paramètre doit impérativement être mesuré sur le terrain. La procédure est facile, et permet d'obtenir une information très utile pour caractériser l'eau (X à 25°C)

Comme la température, des contrastes de conductivité mesurés sur un milieu permettent de mettre en évidence des pollutions, des zones de mélanges ou d'infiltration

La conductivité est également un des moyens de valider les analyses physico-chimique de l'eau : la valeur mesurée sur le terrain doit être comparable à celle mesurée au laboratoire.

### **III.3.1.5 Couleur :**

Lorsque la couleur de l'eau dépend entièrement des substances présentes dans la solution, on peut dire qu'elle est réelle ou réelle. On dit que lorsque les substances en suspension ajoutent leur propre couleur. La couleur réelle et apparente de l'eau claire et de l'eau à faible turbidité est approximativement la même Le test olfactif n'est pas une mesure mais une appréciation, il a donc un caractère personnel, et cette subjectivité ne peut être compensée que par la rigueur du test et le nombre d'expérimentateurs. [47].

### **III.3.1.6 Odeur :**

Les tests olfactifs sont plus sensibles et précis que les tests gustatifs. Cependant, elle ne permet pas d'apprécier des modifications de la teneur en substances odorantes inférieures à 30 %. Au test de goût, son avantage est qu'il peut être pratiqué sur de l'eau brute, et qu'il n'est pas si fatiguant à opérer. [47]

## **III.3.2 Les paramètres chimiques :**

### **III.3.2.1 Ions majeurs :**

La minéralisation dans la plupart des eaux est dominée par 8 ions, communément appelés ions primaires. On distingue les cations : calcium, magnésium, sodium et potassium, tandis que les anions : Chlorure, sulfate, nitrate et bicarbonate. Les indications fournies dans ce paragraphe permettent d'interpréter les résultats d'analyses courantes.

### **III.3.2.2 Les Cations :**

❖ Calcium : Le calcium est un métal alcalino-terreux très répandu dans la nature, notamment dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Composant principal de la dureté de l'eau, le calcium est généralement l'élément principal de l'eau potable. Son contenu varie essentiellement

selon la nature du terrain traversé. Il existe principalement à l'état de bicarbonate, et une petite quantité existe sous forme de sulfate et de chlore. .[47]

❖ Magnésium : Le magnésium est l'un des éléments les plus communs trouvés dans la nature ; il représente environ 2,1 % de la croûte terrestre. La plupart de ses sels sont extrêmement solubles dans l'eau, même les carbonates peuvent se dissoudre jusqu'à 300 mg/l à 20°C. La teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrées (calcaire, dolomie, Jurassique ou Trias moyen). Les valeurs les plus basses ont été relevées dans la plupart des eaux de l'ancienne parcelle. Le magnésium est un composant important de la durée de l'eau, il dépasse rarement 15mg/l. Il existe sous forme de carbonate et de bicarbonate.[47]

❖ Sodium : Les cations sodium ( $\text{Na}^+$ ) sont très abondants sur Terre. Il existe dans les roches cristallines et sédimentaires (sable, argile, évaporite). L'halite (évaporite de  $\text{NaCl}$ ) est du sel de cuisine. Il est très soluble dans l'eau. D'autre part, le sodium n'est généralement pas très élevé dans les roches carbonatées.

Notons que les argiles peuvent être saturées en ions  $\text{Na}^+$ , par le processus d'échange de bases.[47]

❖ Potassium Bien que le potassium soit presque aussi important que le sodium dans les roches ignées, sa présence presque constante dans l'eau naturelle ne dépasse généralement pas 10 à 15 mg/l .[47]

### III.3.2.3 Les anions :

❖ Sulfate : Dissolution de roches sédimentaires évaporatives, notamment du gypse ( $\text{CaSO}_4$ ), mais aussi de la pyrite ( $\text{FeS}$ ) et des roches magmatiques plus rares (galène, sphalérite, pyrite). Les causes d'origine humaine sont la forte production de sulfures provenant de la combustion du charbon et du pétrole, ainsi que l'utilisation d'engrais chimiques et de nettoyants.

En général, la présence de sulfates dans une eau naturelle non contaminée entraîne la présence de gypse ou de pyrite.

Le soufre est un élément non métallique présent naturellement dans les sols et les roches sous forme organique (soufre protéique) et sous forme minérale (sulfure, sulfate et soufre élémentaire).

Le soufre se combine avec l'oxygène pour produire des ions sulfate, présents dans certains minéraux : gypse, barytine...

Le sulfate est converti de manière réversible en sulfure en raison du cycle du soufre.[48]

❖ Chlorure : Les principales sources de chlorure dans l'eau sont dues à la dissolution des roches sédimentaires déposées dans le milieu marin qui n'ont pas été complètement emportées et à la présence d'évaporites. L'intrusion d'eau de mer et l'évaporation des bassins d'écoulement internes sont également des sources possibles de chlorures. Les roches cristallines jouent un petit rôle dans la minéralisation des chlorures. En raison de la proximité de la mer, la contribution des précipitations est plus importante. Dans le domaine de l'intervention humanitaire, l'apport humain est secondaire. La teneur en ions chlorure de l'eau naturelle est essentiellement liée à la teneur en sodium. Selon les normes marocaines, la concentration de cet élément ne doit pas dépasser 300 mg/l [49] .

❖ Nitrates et composés azotés : Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) font partie du cycle de l'azote.

La principale réserve d'azote est l'atmosphère. Dans les eaux naturelles, l'azote provient principalement des précipitations ( $1 < c < 3$  mg/l) et du drainage du sol.

L'action humaine est donc importante : utiliser des engrais azotés et de la boue. De même, les émissions des stations d'épuration ou, plus simplement, des toilettes et des fosses septiques représentent un apport de matière organique susceptible de produire des nitrates.

Et en milieu naturel, sa concentration dépasse rarement 0,45 mg/l. Des valeurs supérieures indiquent des rejets d'eaux usées dans les milieux aquatiques superficielles et souterraines, et surtout une utilisation excessive de fertilisants utilisés en agriculture.[44]

❖ Alcalinité : L'alcalinité correspond à l'ensemble des anions d'acides faibles susceptibles d'agir avec  $\text{H}^+$ . C'est un paramètre important, car il joue un rôle prépondérant sur l'effet tampon de l'eau souterraine. Il détermine la manière dont le pH va réagir à l'ajout d'acides ou de bases faibles dans l'eau, notamment lors des procédés de traitement.

#### **III.3.2.4 Fer :**

Il est très largement distribué et le fer se classe au quatrième rang des éléments de la croûte. Il est largement utilisé en métallurgie et ses utilisations secondaires en chimie sont variées. Les eaux de surface peuvent contenir jusqu'à plusieurs mg/L de fer provenant du lessivage à travers le sol ou de la pollution industrielle. Étudiez les niveaux de fer dans l'eau jusqu'à 10 mg/L. Les eaux minérales et principalement les eaux minérales chaudes peuvent contenir plus de 10 mg/l .[47]

#### **III.3.2.5 Nitrite :**

Le nitrite provient d'une oxydation incomplète de l'ammoniac, d'une nitrification incomplète ou de la réduction du nitrate sous l'influence de la nitrification. L'eau contenant du nitrite est considérée comme suspecte car elle est souvent associée à une détérioration de la qualité microbienne. .[47]

#### **III.3.2.6 Manganèse :**

Le manganèse est largement répandu dans la nature. Les concentrations dans la croûte peuvent varier de 500 à 600 mg/kg. Les minerais les plus connus sont la pyrolusite, la rhodochrosite et la limonite. Certaines nappes phréatiques avoisinent 1 mg/l, notamment lorsqu'il y a un porteur dans le milieu réducteur, ou sous l'action de certaines bactéries. .[47]

#### **III.3.2.7 Arsenic :**

L'arsenic est assez répandu dans la biosphère : les roches ignées en contiennent 1 à 10 mg/kg. Phosphate naturel 20 mg/kg Charbon 45 mg/kg et Pyrite 5 à 6 g/kg. Il existe principalement sous forme de sulfure .[47]

#### **III.3.2.8 Zinc :**

Le zinc est généralement présent dans les roches sous forme de sulfures. Le minéral le plus courant est le sulfure de zinc, qui contient également du fer, du calcium, du manganèse et de l'arsenic. Des niveaux plus élevés de zinc dans l'eau à faible pH.[47]

### **III.3.2.9 Argent :**

L'argent se trouve dans de nombreux minéraux, généralement sous forme de sulfure, qui est un sous-produit de l'extraction du cuivre, du plomb et du zinc. .[47]

### **III.3.2.10 Aluminium :**

Les problèmes avec l'aluminium surviennent principalement après que l'eau a été traitée avec des composés d'aluminium (coagulants). Même si aucun risque pour la santé n'a pu être démontré, le rôle aggravant de l'aluminium dans la maladie d'Alzheimer a été évoqué. Selon l'Organisation mondiale de la santé, les concentrations d'aluminium supérieures à 0,2 mg/L provoquent souvent des plaintes des consommateurs en raison de la floculation de l'hydroxyde d'aluminium dans les tuyaux et des concentrations de couleur fer dans l'eau.

### **III.3.2.11 Sulfure d'hydrogène :**

Le sulfure d'hydrogène est le principal poison par inhalation. Dans l'eau, la présence de tels gaz et sulfures peut provenir des eaux usées ou de la pollution industrielle. .[47]

### **III.3.2.12 Le cuivre :**

Le cuivre existe dans la nature en tant que minéral de cuivre naturel. Minerai oxydé ou sulfuré, à l'air, recouvert d'une fine couche de carbonate basique .[47]

### **III.3.2.13 Le fluor :**

Le fluor dans les eaux souterraines est l'apatite, qui est présente dans les bassins de phosphate, et la fluorite, qui est présente dans les roches et veines magmatiques alcalines. L'espace spa est également souvent touché. Essentiellement, le temps de contact entre la roche et les eaux souterraines et le contrôle chimique sont les principales raisons des fortes concentrations d'iode. Le fluorure est considéré comme nécessaire pour prévenir les caries dentaires. Cependant, de l'eau dont la concentration en fluorure est supérieure à 2 mg/l est souvent ingérée.

**III.3.2.14 Dureté :**

La dureté de l'eau semble provenir du fait qu'il est difficile de nettoyer avec cette eau. Sauf exceptions très précises, la dureté a une caractéristique naturelle liée au lessivage du sol et correspond à la teneur en calcium et magnésium.[47]

**III.3.2.15 Oxygène dissous :**

L'eau absorbera autant d'oxygène que nécessaire pour équilibrer la pression partielle d'oxygène dans le liquide et l'air. La solubilité de l'oxygène dans l'eau est fonction de la pression atmosphérique, de la température et de la minéralisation de l'eau, la saturation en oxygène diminuant à mesure que la température et l'altitude augmentent. Alors que l'eau contenant des matières organiques pouvant être dégradées par des micro-organismes est insaturée. En effet, l'abondance de matière organique dans les eaux souterraines permet aux micro-organismes de se développer tout en consommant de l'oxygène.

**III.3.2.16 Oxygène :**

Par conséquent, l'oxygène dissous est un paramètre utile dans le biodiagnostic des milieux aqueux. Tous ces paramètres permettent d'estimer la quantité de matière organique présente dans les eaux souterraines.

**III.3.2.17 DBO, DCO :**

La DBO représente la quantité d'oxygène nécessaire pour dégrader la matière organique biodégradable dans l'eau par le développement de micro-organismes dans des conditions données., la DBO5 de l'eau naturelle est inférieure à 2 mg/L. La DCO représente la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder l'eau en oxydant la matière organique (à l'aide d'un oxydant : le bichromate de potassium).

**III.3.3 Qualité microbiologique des eaux souterraines :**

La présence de micro-organismes dans les eaux souterraines peut avoir plusieurs origines. Alors que certaines souches existent à l'état naturel, d'autres s'infiltrent dans le sol à partir de matières organiques provenant de fosses septiques, de décharges, d'épandages agricoles ou de réseaux d'égouts.

Cependant, leur développement est limité par les conditions anaérobies généralement rencontrées dans les environnements souterrains. Il convient de noter que les aquifères de type karstique sont plus vulnérables à la contamination microbienne car leur capacité d'épuration est souvent faible ou inexistante [54].

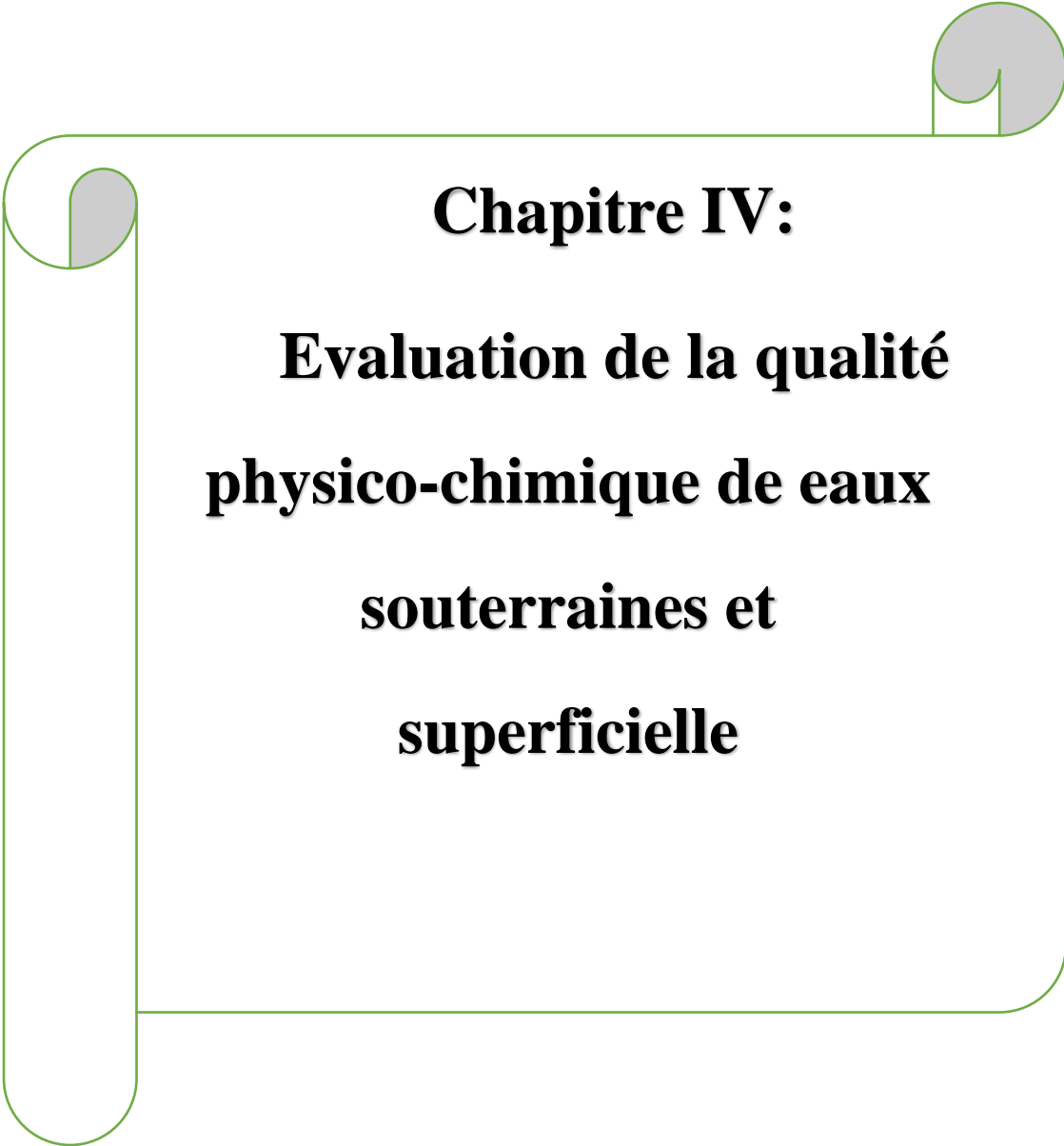
Actuellement, l'eau de source répond à toutes les exigences réglementaires et de qualité sanitaire et peut être bue sans restriction . [51]

Les bactéries indicatrices de contamination fécale ont été dénombrées selon la technique [45] : coliformes totaux (CT), coliformes fécaux (CF), streptocoques fécaux (SF) et Clostridium perfringens (CP). Le nombre et la variété des micro-organismes pathogènes pouvant exister dans les eaux souterraines sont nombreux. Leur présence est toujours associée à une contamination fécale de l'eau et leur durée de vie dans l'eau est parfois courte.

## CONCLUSION

Les eaux souterraines sont une source importante de vie sur Terre, car elles constituent 30% de l'eau douce mondiale, et les 69% restants sont répartis entre l'eau sous forme de glace et de neige, et seulement 1% de l'eau douce se trouve dans les rivières et les lacs.

Un tiers de la consommation humaine dépend des eaux souterraines, et dans certains endroits, elles sont entièrement dépendantes, en plus d'être une source importante dans l'économie, dans l'irrigation des cultures et dans les industries alimentaires, et son importance pour l'environnement est qu'elle joue un rôle important dans le maintien du niveau d'eau des rivières et des lacs et des zones humides lorsqu'elles s'y déversent depuis l'intérieur de la terre, en particulier pendant les saisons sèches.



**Chapitre IV:**

**Evaluation de la qualité  
physico-chimique de eaux  
souterraines et  
superficielle**

## **Introduction**

Dans ce chapitre ; nous allons réaliser une présentation de la zone d'étude en particulier sa situation géographique et son contexte géologique. Ceci va aider l'interprétation des résultats obtenus dans la partie spéciale de ce mémoire.

### **IV.1 Situation géographique**

#### **IV.1.1 Situation géographique et administrative de la vallée d'Oued Righ**

Notre région se situe au SUD-EST de l'Algérie, plus précisément au Nord-Est

Du Sahara sur la limite Nord du Grand Erg Oriental, et la bordure Sud du massif des Aurès , elle commence au Sud par le village d'El Goug (Touggourt) et se termine sur une distance de 150 km plus au Nord vers le village d'Oum-Thiours (100 km de la wilaya de Biskra), la largeur de la zone varie entre 20 et 30 km.

La région d'Oued Righ montre des altitudes qui s'abaissent progressivement et régulièrement du Sud vers le Nord, d'où le rôle d'un collecteur de toute les eaux d'origine diverses et lointaines aboutissant à l'exutoire naturel.

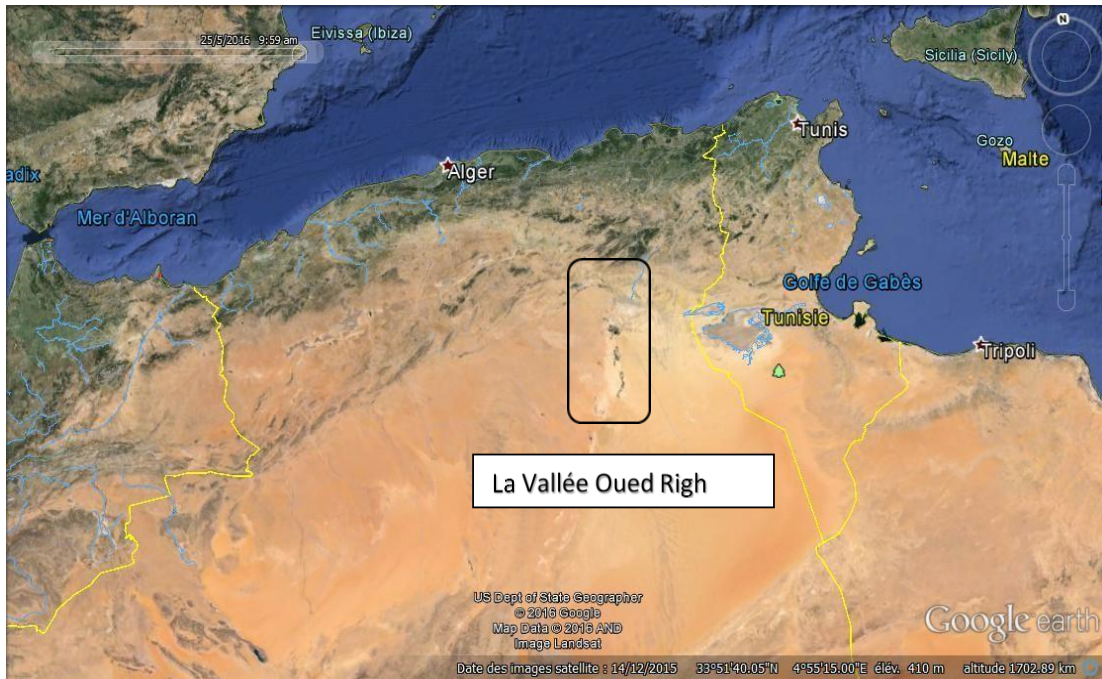
Elle couvre une superficie de 3186.78 km<sup>2</sup> et sa population est de 280993 habitants.

Cette région est caractérisée par un climat hyperaride marqué par des températures élevées, de faibles précipitations annuelles.

L'exploitation des différents systèmes aquifères fait dans notre région que le manque d'eau ne se pose pas. En revanche, les rejets d'eau domestiques et le surplus d'irrigation posent d'énormes problèmes.

Elle s'étend sur un axe Sud- Nord entre les latitudes 32°54' à 39°9' Nord, et longitudes 05°50', 05°75' Est [36]

Administrativement la vallée d'Oued Righ fait partie de deux wilaya : (Ouargla et Oued Souf) ; passant par six daïras, du Sud vers le Nord : Témacine, Touggourt, Sidi Slimane, Mégarine appartiennent à Ouargla, Djamaa, à la wilaya El Meghaier .



**Figure N°10 :situation géographique de la région d’Oued Righ (Google Earth)**

#### **IV.1.2 Géomorphologie et topographie**

Cette région est connue sous le nom du Bas Sahara, à cause de sa basse altitude notamment dans la zone du chott au Nord où les altitudes sont inférieures au niveau de la mer.

La région d’Oued Righ est topographiquement plus ou moins aplatie (plaine).

Le point le plus élevé 105m est situé à Touggourt et -20m à Ourir pour le point le plus bas, l’altitude moyenne est de 46m, et la pente est 1‰. (Fig.10)



**Figure N°11 : Formation géomorphologique de la région d'Oued Righ.**

La zone est de forme uniforme, avec une dépression d'orientation nord-sud (large fossé), constituée d'une vaste zone de véritables mers de sable et de dunes, et d'une partie de la plaine constituée de sable et de sable. couche alluviale.

La côte change sensiblement, avec une descente régulière de 90m jusqu'à Goug, 0m jusqu'à la côte d'El Meghaier et (-20m) jusqu'à Ourir, 45m jusqu'à la côte de Djamaa..

#### **IV.1.3 climat et végétation**

Le climat est typiquement saharien, caractérisé par une forte aridité où la pluviométrie est aléatoire, ce qui ne favorise pas le développement de la végétation

La température est très élevée en été et une humidité très faible.

La culture du palmier dattier reste la principale activité dans la région d'Oued Righ, elle est développée et occupe entre 10% à 15 % de la superficie de la région.

#### **IV.1.4 Activités économiques**

La vallée regroupait 50 oasis couvrant 15000 hectares en 1988

Le domaine agricole qui était jadis la principale activité est un peu délaissé actuellement à cause du faible rendement des palmiers dû aux effets néfastes de la

« salinisation » des eaux et des sols, des phénomènes de : la remontée de la nappe phréatique, le vieillissement des palmiers »...etc. de plus les sociétés pétrolières offrent des emplois plus rémunérés.

Les dernières statistiques (1988) montrent que l'agriculture n'occupe dans notre région d'étude qu'une faible main d'œuvre 38%, étant donné le contexte climatique hyperaride, l'agriculture est très consommatrice d'eau.

Parmi les espèces cultivées ; la variété de « Deglat Nour » prédomine, suivie par « Ghars », « Degla Bayda ».

On note aussi l'existence d'élevage et quelques espèces animales typiques (généralement Ovins et Caprins), les chèvres sont élevées pour leur lait et les brebis pour leur chair.

Dans le domaine de l'industrie, il existe plusieurs petites usines surtout des briqueteries implantées à proximité de la source de matière primaire, ainsi que des complexes de transformations hydrocarbures, [DTP], transformation des plastiques (département de transport et production) ; fabrique d'aluminium, ainsi que des entreprises de conditionnement de dattes.

Le tourisme existe aussi, de par l'existence de quelques repères touristiques comme les oasis, le lac de Temacine, les anciennes Medinas, les tombeaux des rois...etc. Et surtout la Zaouia Tidjania qui accueille de nombreux visiteurs chaque année.

#### IV.1.5 Besoin /Ressources en eau

Les prélèvements d'eau dans cette région s'élèvent environ à 350 millions de m<sup>3</sup> /an, provenant essentiellement des deux complexes, celui du complexe terminal (CT) et celui du continentale intercalaire (CI).

**Tableau 04 : Récapitulatif des besoins et ressources en eau**

COMPLEXES	CT	CT	CI	CT+CI
USAGE/	Irrigation	AEP	AEP	Total
Nombre de forage exploité	338	4	7	349
Nombre de forage non exploité	89	13	/	102
Nombre total de forage	427	17	7	451
Débit Q hec/m/an	210	02	30	243Hm <sup>3</sup> /An

Dans la région de l'Oued Righ, le débit extrait destiné à l'A E P est supérieur aux besoins. La dotation journalière mesurée est en moyenne de (172,02 l/j/h) qui dépassent les normes de l'Organisation de la santé (OMS) [100-150 l/j/h], de même le débit extrait destiné à l'irrigation est supérieur aux besoins actuels. La dotation mesurée pour l'agriculture est en moyenne 1.12L/S/Hec, elle dépasse les normes 1L/S/Hec pour les plantes mixtes et 0.7L/S/Hec pour les palmiers.

## IV.2 L'hydrochimie

L'hydrochimie est un moyen dans un cadre géologique, d'étudier les relations de l'eau souterraine et superficielle avec l'environnement ou elle se trouve.

Ont été déterminés les paramètres physico-chimiques suivants :

- La température (c°).
- Le résidu sec (mg/l).
- La minéralisation (mg/l).
- La conductivité (ms/cm).
- Les anions Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.
- Les cations Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>).
- Le potentiel d'hydrogène (P.H).
- La dureté totale.

Les résultats des analyses chimiques sont portés dans des tableaux et portés sur des cartes et diagrammes.

Le but de notre étude est de :

- 1) Déterminer la répartition quantitative des différents éléments majeurs et étudier éventuellement les relations pouvant exister entre les différentes nappes exploitées
- 2) D'apprécier les différents paramètres ayant une influence sur l'évolution de la qualité des eaux du secteur d'étude.
- 3) Déterminer les principaux faciès chimiques des eaux, les comparer et faire ressortir les meilleures eaux à l'utilisation.

Le choix des lieux de prélèvement des échantillons est basé sur la répartition spatiale des différents points d'eau de façon à couvrir tout le secteur étudié (variation horizontale).

### IV.3 Etude des paramètres physico-chimique

#### IV.3.1 Etude paramètres physiques

##### IV.3.1.1 Température

La température joue un rôle très important dans la solubilité des sels et des gaz, elle permet de différencier les eaux qui circulent en surface de celles qui circulent en profondeur ou le mélange entre les eaux.

L'augmentation de la température est fonction de la profondeur (1°C pour 35m).

La température moyenne des eaux de la nappe phréatique est de l'ordre de 20°C, et celle de l'air est de 24, 8°C.

On constate que la température de l'eau est pratiquement la même que celle de l'air ; Ce qui montre l'interaction complète entre la nappe et l'air.

**Tableau 05** : Températures moyennes interannuelle en (°C), Période(2018-2017). (O.N.M)

Mois T(C°)	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Sép	Oct	Nov	Déc	Moyenneannulle
T.min(C°)	5.6	6.3	10.04	14.6	19.1	23.7	26.9	26.3	22.7	16.7	9.9	5.4	15.5
T.max(C°)	18.2	19.9	24.4	29.3	33.7	38.5	42.2	41.1	36.2	30.4	23.3	18.5	27.6
T.moy(C°)	11.6	13.1	17.09	21.9	28.8	31.1	34.5	33.7	29.4	23.6	16.6	11.9	22.8

### IV.3.1.2 Résidu sec

C'est la totalité des sels dissous dans l'eau et suspensions (organiques et minérales) obtenues par peser (évaporation à 110°C durant 24 heures) exprimée en mg/l, c'est donc la minéralisation totale de l'eau.

D'après la carte d'iso teneur du résidu sec de la nappe phréatique, on constate une augmentation du Sud vers le Nord avec le sens d'écoulement jusqu'à atteindre la valeur maximale 7.8 g/l à El Bared au nord et Megarine au sud de centre, passant par une valeur minimale de 2.6 g/l au niveau des puits de sidi mahdi de périphérique.

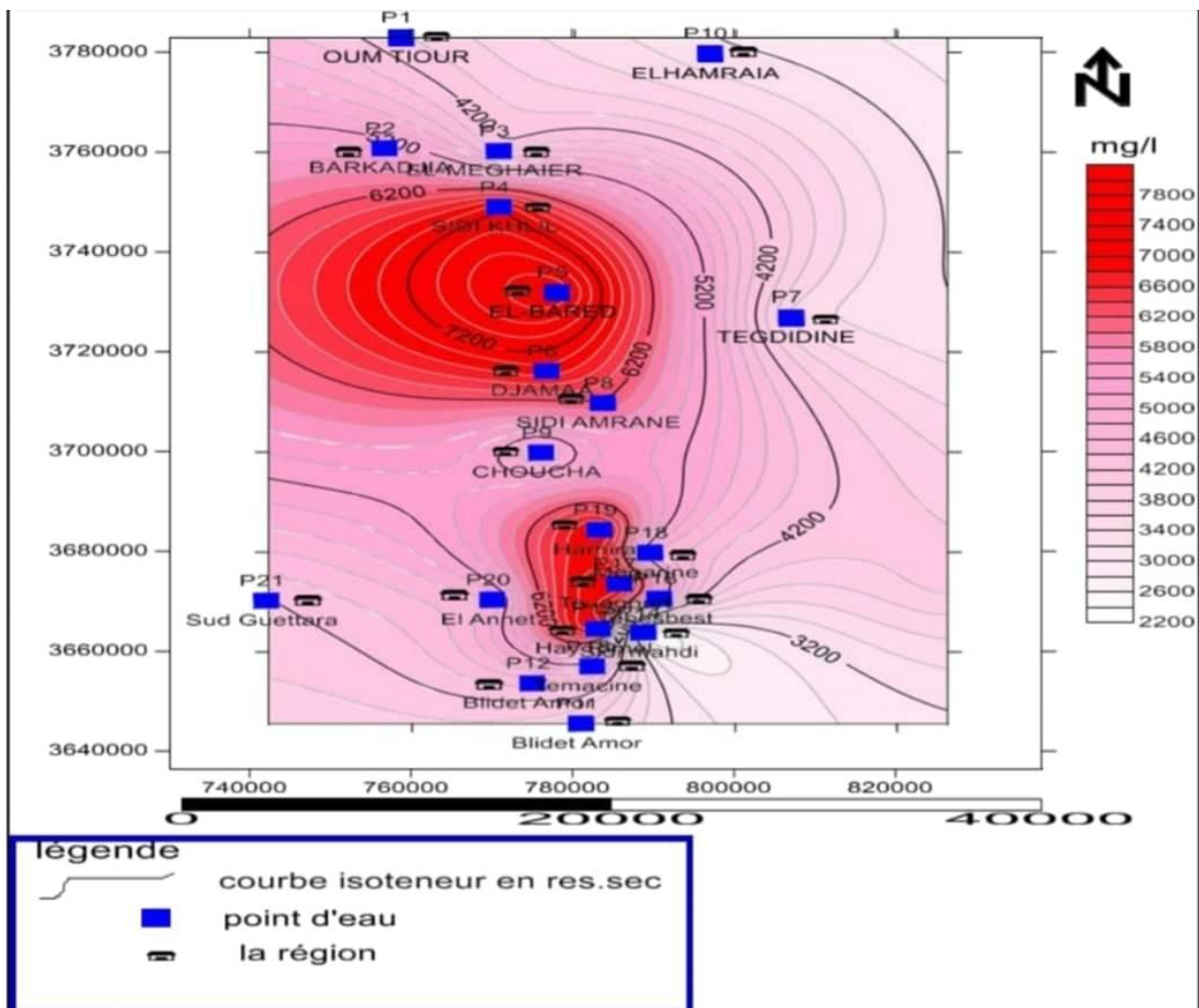


Figure N° 12 : Carte d'isovaleurs Résidu sec de la nappe phréatique (Oued Righ).

#### IV.3.1.3 Précipitation

Dans notre région d'étude, les précipitations sont très rare et irrégulières à travers les saisons et les années, elle reçoit un cumule annuelle de l'ordre de 66.44mm, La prépartition est marquée par une sécheresse presque absolue au mois de Juillet de l'ordre 0.05mm et le maximum en Janvier avec 11.49mm.

**Tableau 06** :: Précipitations moyennes interannuelle en (mm),  
 Periode (201 8-2017).[60]

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Sept	Oct	Nvm	Déc	MoY e
Précipitation (mm)	11.49	5.01	6.79	9.66	1.80	0.47	0.05	1.2	6.02	3.75	6.35	3.41	4.35

#### IV.3.1.4 Conductivité électrique

La conductivité électrique est un moyen important d'investigation en hydrogéologie. Sa mesure est précise et rapide .sa variation est liée à la nature des sels dissous et leur concentration.

Pour la nappe phréatique de la région d'étude, la valeur de conductivité varie entre 2,4 ms/cm et 7,6 ms/cm.

Elles sont importantes en El Bared au Nord et en megarine au sud, diminuent de centre vers le périphérique de la vallée.

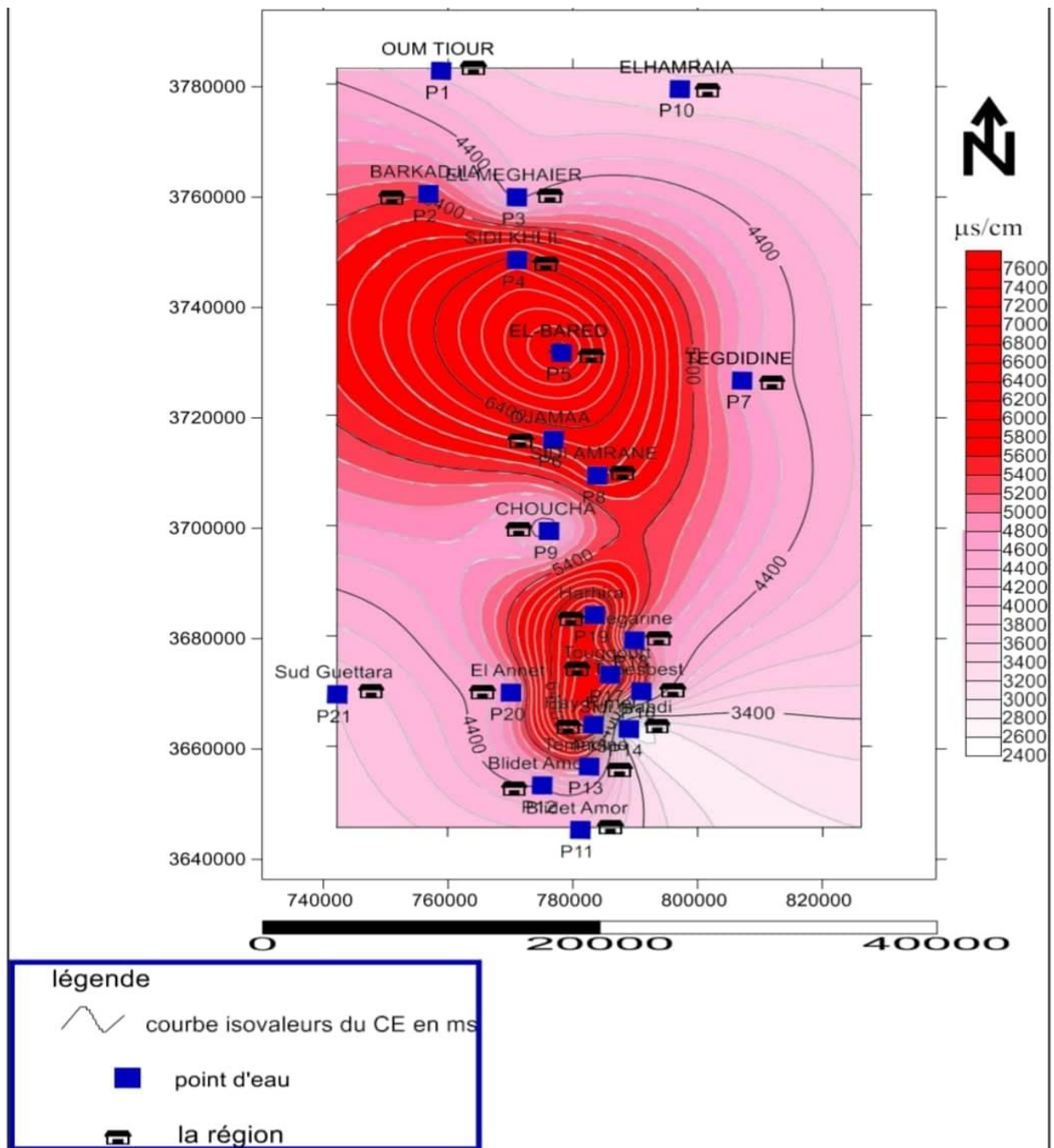


Figure N° 13: Carte d'isovaleurs de la conductivité en ms de la nappe phréatique(Oued Righ).

#### IV.3.1.5 pH

Le pH correspond à la concentration d'ions hydrogènes, il mesure l'acidité ou la basicité d'une eau, sa valeur varie en fonction de l'action de la force ionique :

- Milieu neutre  $\text{pH}=7$ .
- Milieu acide  $\text{pH}<7$ .
- Milieu basique  $\text{pH}>7$ .

Les valeurs de pH sont très proches, entre 7 et 8. mais dans la plupart des puits de la nappe phréatique les eaux sont légèrement alcalines.

**Tableau 07 : Les valeurs de pH de la nappe phréatique dans la région d'Oued Righ**

<b>Localité</b>	<b>pH</b>	<b>Localité</b>	<b>pH</b>
<b>OUM TIOUR</b>	8,36	<b>Hay Rimel</b>	8,38
<b>BARKADJIA</b>	8,2	<b>Tebesbest</b>	8,28
<b>EL-MEGHAIER</b>	8,17	<b>Touggourt</b>	8,43
<b>SIDI KHLIL</b>	8,2	<b>Megarine</b>	8,28
<b>EL-BARED</b>	8,1	<b>Harhira</b>	7,99
<b>DJAMAA</b>	8,27	<b>El Annet</b>	8,36
<b>TEGDIDINE</b>	8,21	<b>Sud Guettara</b>	8,2
<b>SIDI AMRANE</b>	8,41	<b>Sud Guettara</b>	8,17
<b>CHOUCHA</b>	7,66	<b>Blidet Amor</b>	8,35
<b>ELHAMRAIA</b>	8,35	<b>Temacine</b>	8,49
<b>Blidet Amor</b>	7,65	<b>Sidi mahdi</b>	8,37

#### IV.3.1.6 La dureté totale

Le degré hydrotimétrique ou titre hydrotimétrique, indique la teneur totale des concentrations classiques de  $\text{Ca}^{++}$  et  $\text{Mg}^{++}$  exprimé en degré français, ou 1°F correspond à 10 mg de carbonates dans un litre d'eau, 1°F = 10 mg/l de  $\text{CaCO}_3=0,2$  mg/l.

Elle est calculée par la formule sui vante :

Donc, on peut classer les eaux d'après leur dureté totale[ 36]

**Tableau08 : Potabilité en fonction de la dureté**

Degré °F	0-3	3-15	15-30	>30
Eau	Très douce	douce	Dure	Très dure

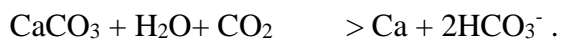
Dans l'ensemble les eaux analysées présentent un TH>200°F.

### IV.3.2 Etude paramètres chimiques

La nature des eaux dépend des roches traversées lors de leurs circulations dans les formations aquifères et du temps de se jour qui permet de s'enrichie en sels minéraux

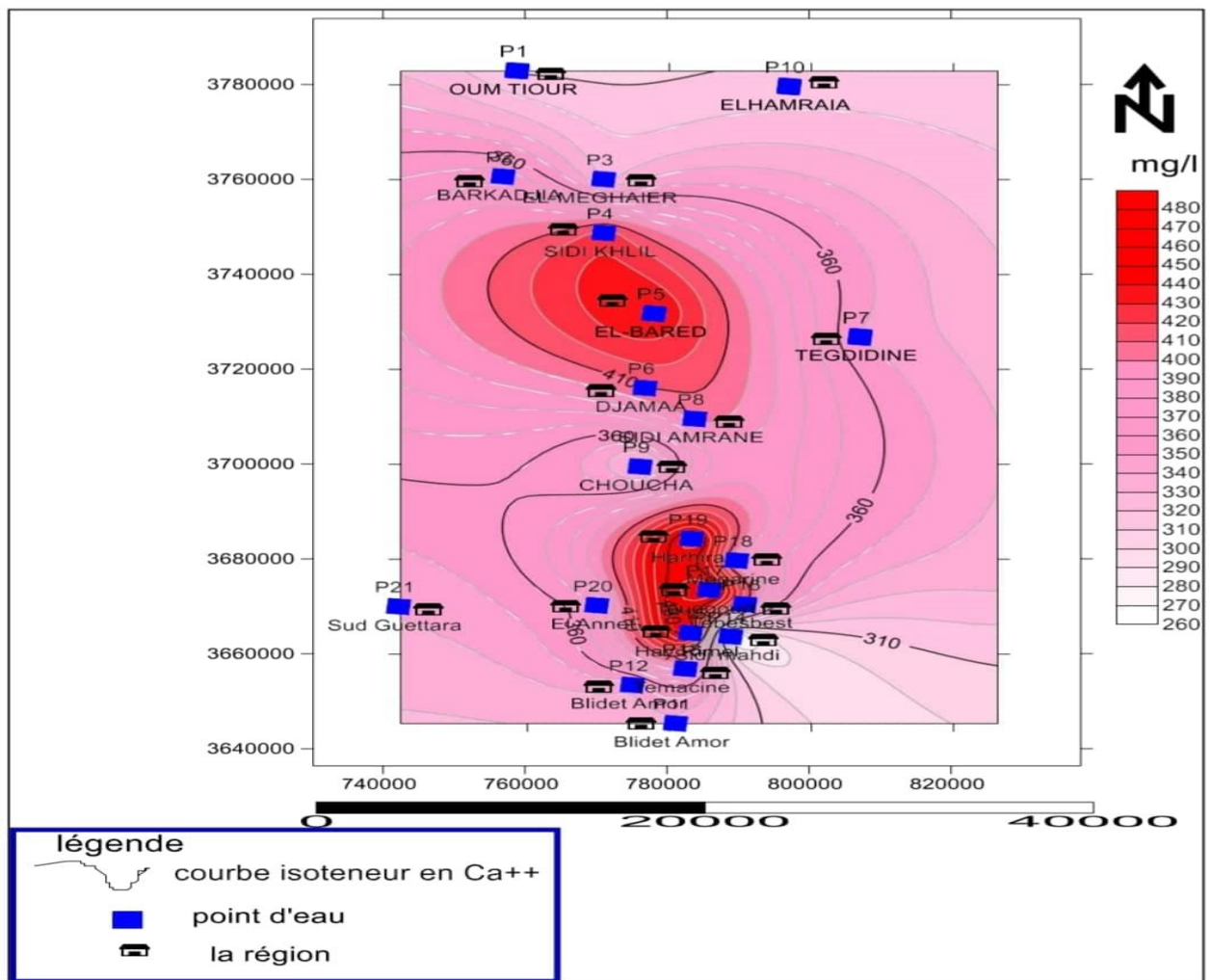
#### IV.3.2.1 Le Calcium

C'est un élément de la dureté totale, la dissolution du calcium résulte principalement de l'infiltration des eaux dans les formations carbonatées, cette dissolution est due principalement à la présence du gaz carbonique. Ce gaz provient de l'atmosphère en raison de l'activité bactérienne qu'il génère :



Les teneurs de Ca<sup>++</sup> de la nappe phréatique sont comprises entre 260 mg/l comme valeur minimale à sidi mahdi, elles vont atteindre la valeur maximale 480 mg/l à El Bared au Nord et megarine au sud de la carte.

D'après la carte, on constate aussi que les teneurs en Ca<sup>++</sup> augmentation du centre vers le périphérique de la carte sont remarquables.



**Figur N° 14 : Carte d'isoteneur en  $\text{Ca}^{++}$  (g/l) de la nappe phréatique (Oued Righ)**

#### IV.3.2.2 Le Magnésium

Ces ions proviennent de la dissolution des roches magnésiennes du gypse et des minéraux ferromagnésiens et surtout de la mise en solution des dolomies et des calcaires dolomitiques.

D'après la carte d'iso teneures de  $\text{Mg}^{++}$ , on constate que les valeurs de concentration de  $\text{Mg}^{++}$  sont augmentées au sud à 580 mg/l de Harhira et le nord de Choucha, dans la carte remarqué l'augmentation de la teneur au centre et sa diminution jusqu'au périphérique.

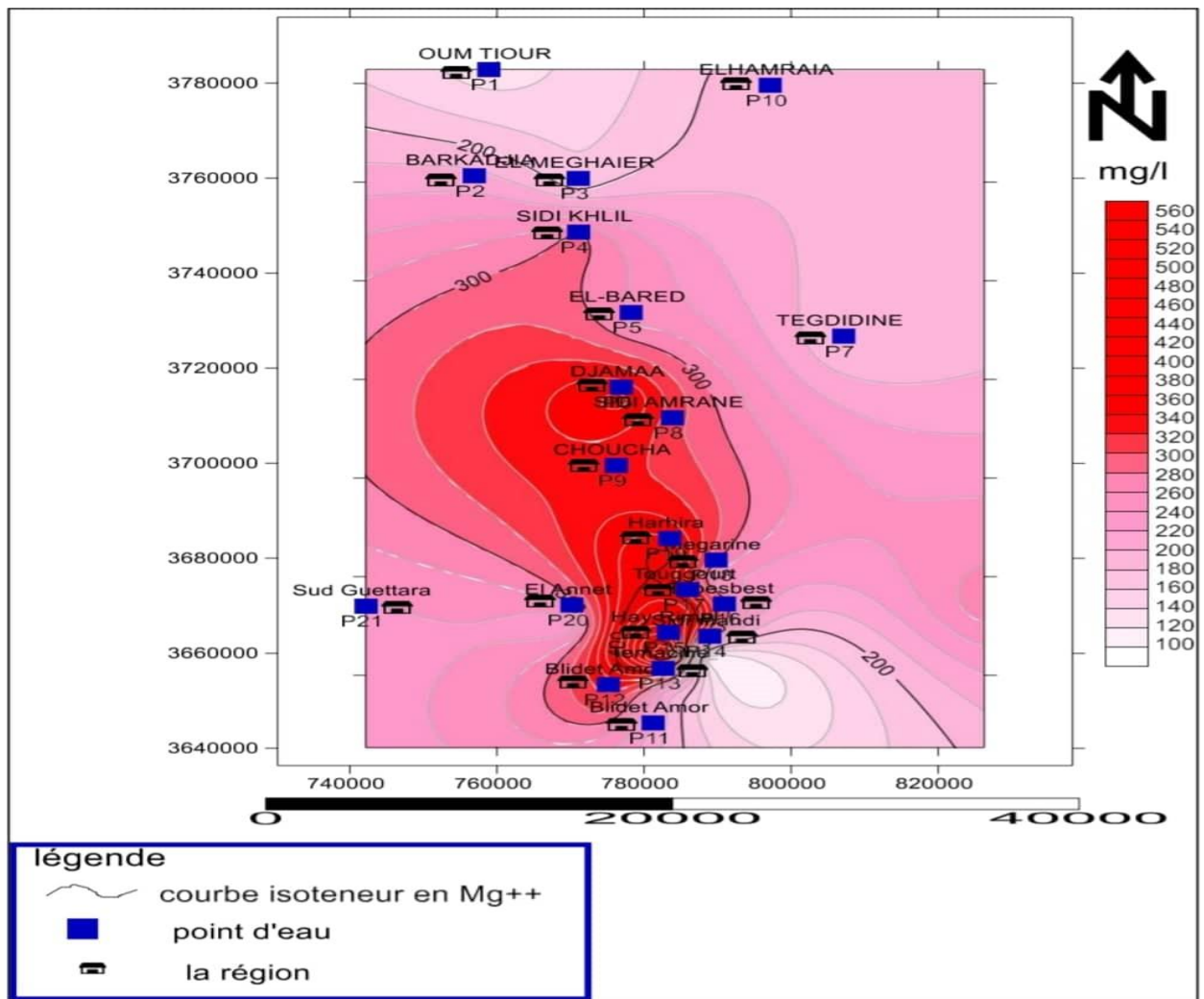


Figure N° 15 : Carte d'isoteneur en  $Mg^{2+}$  (mg/l) de la nappe phréatique (Oued Righ)

#### IV.3.2.3 Le Sodium et le Potassium

Le sodium et le potassium sont toujours présents dans les eaux naturelles en proportion variable. Le sodium peut provenir du lessivage des formations géologiques riches en NaCl ; le potassium est beaucoup moins abondant que le sodium, rarement présent dans l'eau.

D'après la carte d'iso teneurs de ( $Na^+$ ,  $K^+$ ), on peut distinguer deux parties :

Au Sud : on constate que les teneurs en  $Na^+$ ,  $K^+$  augmentent du centre vers le périphérique avec à Harhira au centre de la carte, une valeur maximale de 1250 mg/l et à sidi mahdi au périphérique de la carte une valeur minimale 250 mg/l.

Au Nord : on constate que les teneurs en  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  augmentent du centre vers le périphérique avec à El Bared au centre de la carte, une valeur maximale de 1250 mg/l et à Oum Tiour au périphérique de la carte une valeur minimale 600 mg/l. .

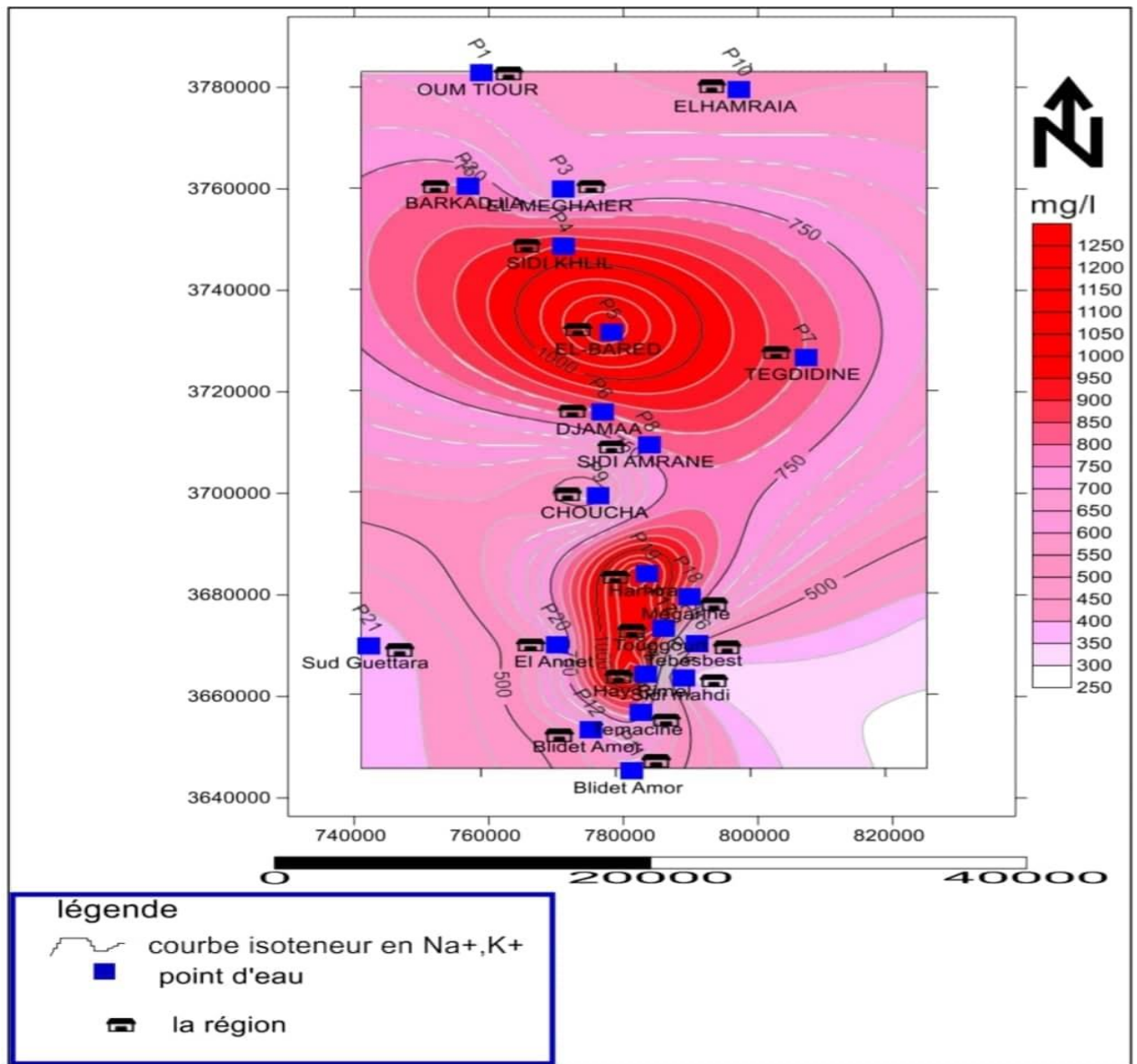


Figure N° 16 : Carte d'isoteneur en  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  (mg/l) de la nappe phréatique (OuedRigh)

L'augmentation des valeurs au centre de la vallée est due aux eaux chargées provenant de la dissolution des sels de la croûte superficielle par les eaux d'irrigations.

#### IV.3.2.4 Chlorures

Ils sont toujours présent dans les eaux naturelles en proportions très variables, leur présence dans l'eau résulte de :

- La dissolution des sels naturels par le lessivage de terrains gypseux, marneux ou argileux.
- L'évapotranspiration intense dans les régions où le niveau piézométrique est proche de la surface du sol, caractérisant notre nappe.

D'après la carte, on constate que les valeurs de  $\text{Cl}^-$  sont très importantes au centre de la carte, qui va très diminuer au périphérique où la teneur de  $\text{Cl}^-$  atteint sa valeur minimale 400 mg/l au niveau du puits de Bildet Omar, sud Gettara, el Hamria et Oum Tiour.

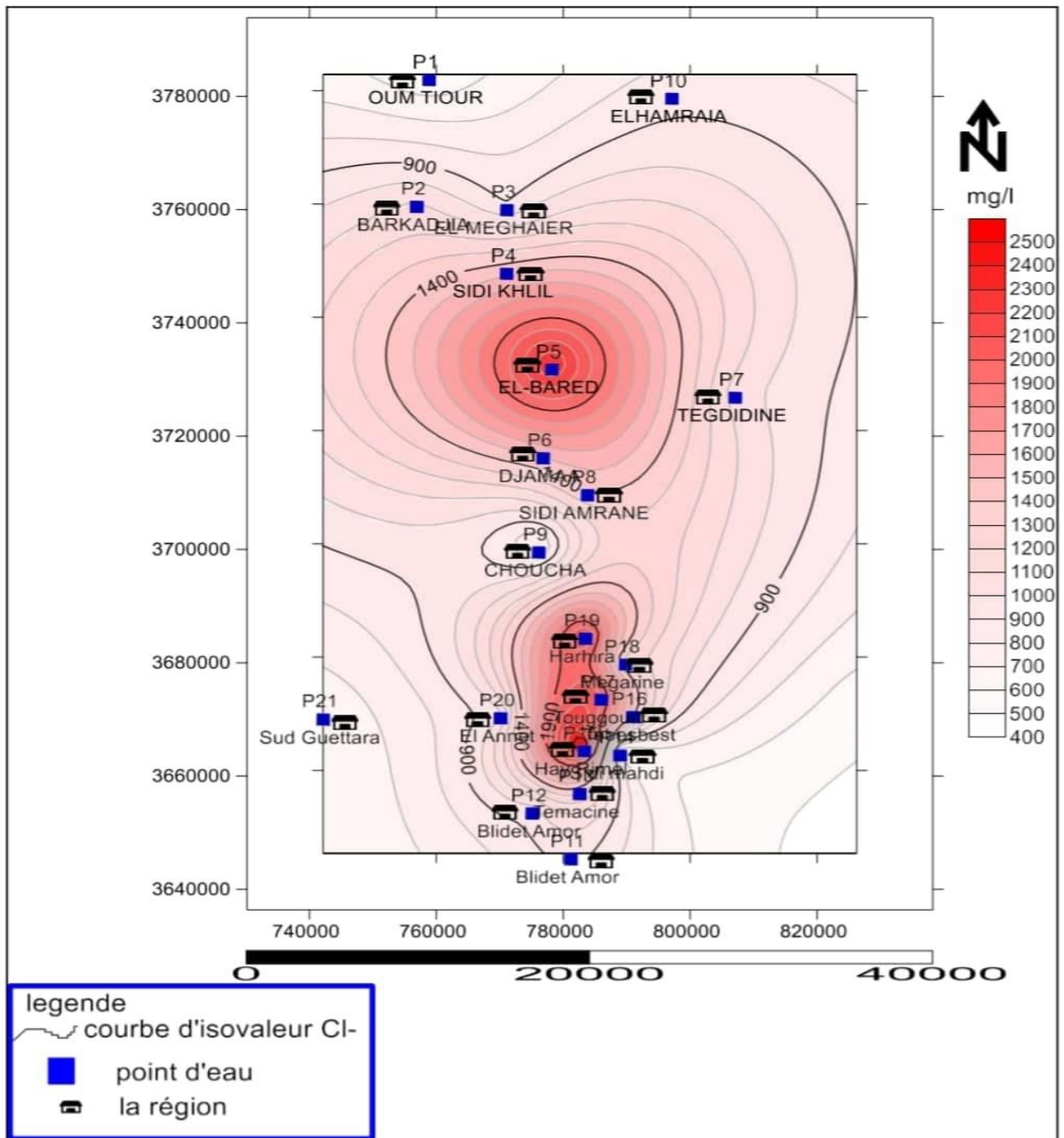


Figure N° 17 : Carte d'isoteneur en Cl- (mg/l) de la nappe phréatique (OuedRigh)

#### IV.3.2.5 Le Sulfates

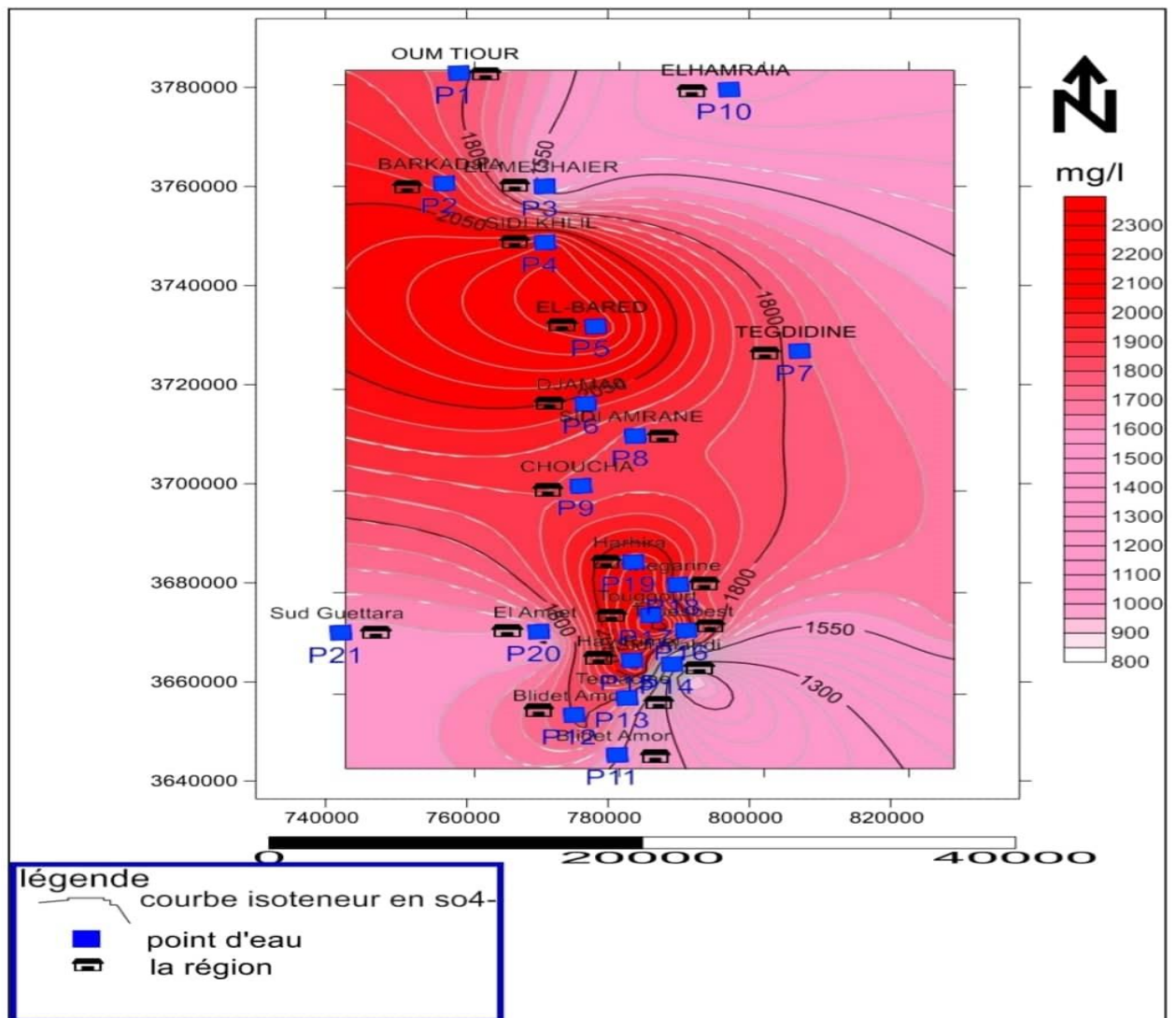
Les sulfates sont toujours présents dans l'eau naturelle, leur présence dans l'eau provient de :

- Des formations gypseuses.

- Légère solubilité de  $\text{CaCO}_4$  avec des passées gypseuses.
- Des eaux usées industrielles.

Les teneurs varient entre 800 mg/l comme valeur minimale et 2300 mg/l comme valeur maximale.

D'après la carte, on constate que ces valeurs sont très proches, à l'exception de la présence d'une valeur très élevée au niveau du puits El bared 2300 mg/l au Nord a centre de la carte.



#### IV.3.2.6 Les Bicarbonates

Elles proviennent de la dissolution des roches carbonatées en fonction de la tension en  $\text{CO}_2$ , de la température, le pH de l'eau et la nature lithologique des terrains traversés.

Les valeurs de la concentration de  $\text{HCO}_3^-$  sont faibles, elles sont comprises entre 140 mg/l et 200 mg/l.

D'après la carte, ces valeurs sont importantes au centre qu'au périphérique, on estime la valeur minimale au niveau du puits de Megarine.

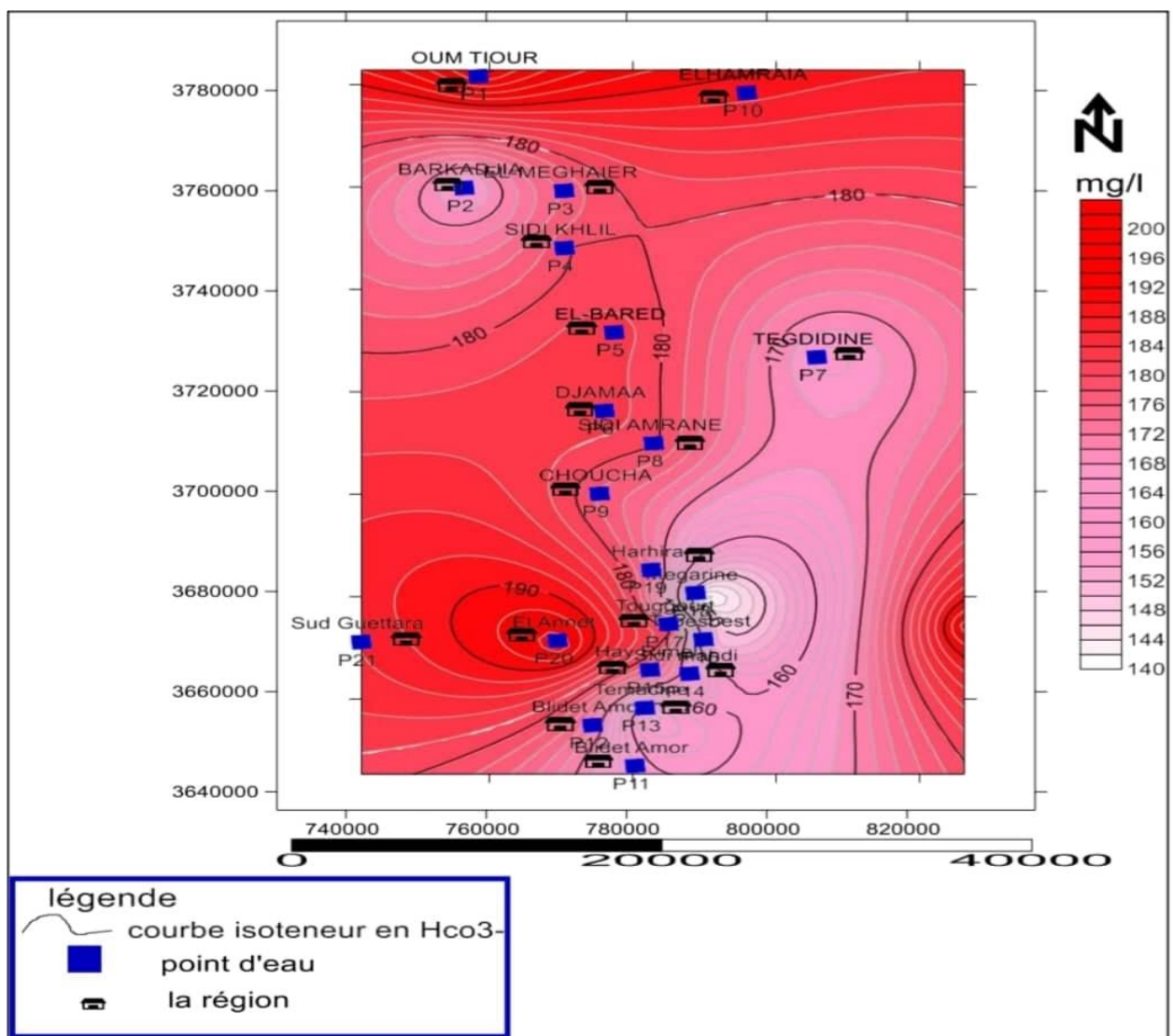


Figure N° 19 : Carte d'isoteneur en  $\text{HCO}_3^-$  (mg/l) de la nappe phréatique(Oued Righ)

#### IV.4 L'histogramme de concentration des différents éléments

La conception d'histogramme de la concentration basée sur les analyses des éléments chimiques majeurs en méq/l. on a calculé les moyennes arithmétiques de chaque élément, ensuite on représente les moyennes sous forme d'histogramme. (Les résultats sont en méq /l pour avoir un aperçu sur les éléments dominants).

L'histogramme montre que le sodium et le magnésium sont les cations dominants ; les autres éléments sont moins importants et les chlorures et les sulfates sont les anions dominants.

La dominance des chlorures et du sodium est liée d'un part à la présence de lentilles de sels NaCl, et d'autre part au contact d'eau d'excès d'irrigation sur la couche superficielles riche en NaCl (il est connu que cet excès s'infiltré dans la nappe phréatique), sans oublier l'évaporation intense qui touche cette nappe et la rend plus concentrée.

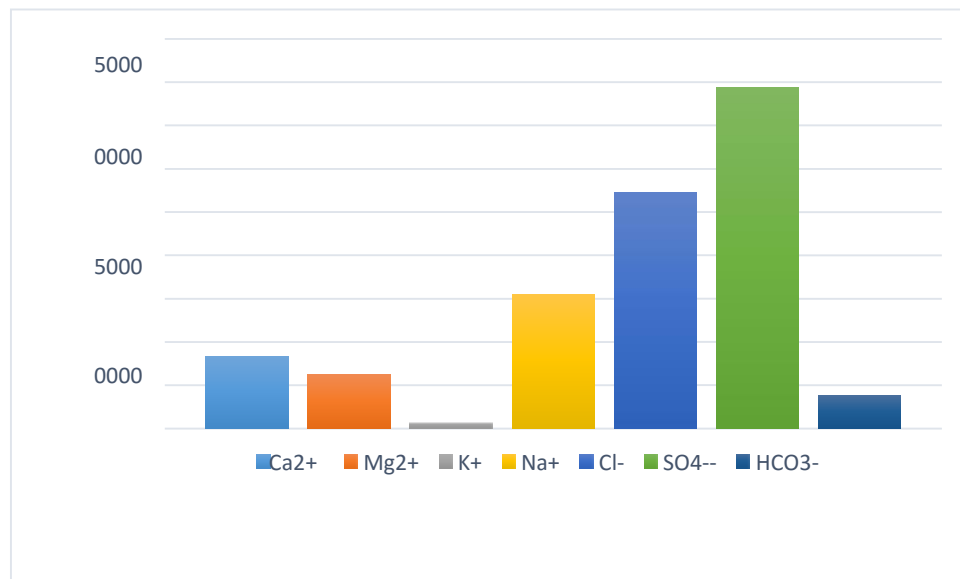


Figure N°20 : Concentration moyenne des différents éléments majeurs dessous (nappe phréatique).

## IV.5 Vulnérabilité à la pollution

La vulnérabilité dépend du type de nappe, libre ou captive et du mode de circulation de l'eau dans l'aquifère.

Les nappes libres sont les plus vulnérables, les polluants d'origines superficielles peuvent diffuser librement dans le sol de la zone non saturée.

Dans notre cas la nappe superficielle est très vulnérable à la pollution par la migration ou l'infiltration des polluants dans les eaux du canal vers la nappe phréatique. Il s'agit du bouchon au niveau du canal principal.

### Impacte de la nappe phréatique sur les autres nappes

L'évaporation intense qui touche la nappe phréatique d'une part, et le lessivage des eaux d'excès d'irrigation au sol qui est riche en NaCl. D'autre part font que notre nappe est salée, cette dernière contamine localement la nappe de CT1 et par conséquent CT2 puisqu'elles sont en communication ceci se traduit par la minéralisation parfois élevées des eaux de deux nappes (CT1-CT2 qui sont alimentées par les infiltrations d'eau de la nappe phréatique surtout s'il s'agit des forages détériorés, ainsi que les eaux du canal d'Oued Righ).

### IV.5.1 Les rejets des eaux usées :

Lieux de rejets Canal O.R. Chaque commune a son point de rejet dont le nombre de ces points est égal à deux et que le canal Oued Righ le seul lieu de rejet, avec un volume rejeté d'ordre 6482 m<sup>3</sup>/j Meghaier Cette zone a un réseau d'assainissement bien adapté, primaire et secondaire, et le taux de raccordement est important .



**Figure N°21 : point de réjet des eaux sur le canal**

#### **IV.6 Problèmes posés**

L'accroissement des débits fournis s'est traduit par un engorgement des terrains, une salure croissante des sols par remontée capillaire et la présence d'eaux stagnantes dans les bas-fonds.

L'appel récent au continental intermédiaire n'a fait que renforcer le phénomène.

Le problème est quantitatif mais qualitatif également. Car, si les eaux des nappes profondes sont généralement peu chargées (2 à 8 g/l pour les nappes du continental terminal et du continental intermédiaire par exemple), les nappes phréatiques recevant les eaux de lessivage des terrains se salent progressivement, au point de ne pouvoir plus être exploitées pour l'irrigation les zones de palmeraies connaissent d'énormes problèmes liés directement aux conditions naturelles de la région (morphologie du terrain, forte évaporation, salinité des eaux et des sols) et la mauvaise exploitation hydro- agricole (travaux culturaux et entretien, mode d'irrigation). Ces contraintes conjuguées à une utilisation abusive des eaux profondes pour l'irrigation (submersion) se sont traduites par la remontée de la nappe phréatique. La manifestation la plus apparente est celle des néoformations blanchâtres de sels et même parfois de croûtes à la surface du sol.

L'accumulation des sels dans les sols résulte de plusieurs facteurs dont les principaux

sont les eaux d'irrigation chargées en sels, roches parentales plus ou moins salées et surtout le mauvais drainage (dessalage)

- Les opérations des canaux
- Problèmes du curage[58]



**Figure N°22** : le problème du curage dans le station Ranou

#### **IV.6.1 Palmeraies :**

L'efficacité de ce premier canal était très faible; c'est pour cette raison que l'état a proposé plusieurs études d'aménagement pour la région.

Les travaux de réalisation ont commencé en 1980 et la mise en œuvre du canal en le canal d'oued Righ joue un rôle très important dans le rabattement de la nappe phréatique et l'assèchement de la vallée par l'évacuation des eaux d'irrigation excédentaires;

l'évacuation des eaux d'assainissement des zones urbaines qui sont situées de part et

d'autre du canal.

Les responsables de l'O.N.I.D. ont exprimé leur inquiétude quant au débit important du canal qui avoisine annuellement le volume d'un barrage moyen (le canal d'Oued Righ fait transiter un débit de 5000 l/s qui se jette dans le chott Merouane, situé au nord-est de la vallée). Ces inquiétudes qui soient en rapport avec le recours excessif aux forages et au volume important des eaux qui remontent en surface. «D où l'idée de la réutilisation de cette eau excédentaire qui est par ailleurs exploitée par l'E.N.A.SEL au niveau du chott pour l'extraction du sel». [59]

#### **IV.6.2 Absence de drainage :**

Le problème essentiel dans la région de l'oued-righ est l'inefficacité du réseau de drainage. Le grand canal collecteur Oued-Righ, long de 131 Km, est en quelque sorte un oued artificiel.

Il a été creusé en 1925 partant de Blidet-Amor et rejoint le chott Merouane (exutoire naturel de la vallée) en suivant approximativement la succession des sebkhas installées le long de la vallée. Ce canal traverse des zones sableuses propices au colmatage et à l'obstruction du canal.

De ce fait le fonctionnement de ce canal n'a jamais été performant surtout en amont, impose le sens d'écoulement des eaux dans ce canal et facilite l'accensions des eaux en surface destinées à évacuer.

#### **IV.6.3 Description du phénomène de la remontée des eaux :**

La remontée capillaire est un phénomène qui reste limité dans l'espace ; elle dépend beaucoup de la perméabilité des sols, et par conséquent de leur granulométrie et de leur structure.

Ainsi, parmi les facteurs les plus importants qui sont à l'origine de la saturation et de la salinisation des sols par la remontée capillaire et la gestion de la nature physique et chimique. On trouve l'aridité du climat à laquelle s'ajoutent la géomorphologie, la topographie, l'hydrologie du terrain, les caractéristiques physicochimiques du sol (structure, texture, etc.), et les techniques d'aménagement des sols et des eaux.

Après l'irrigation, l'eau se perd en partie dans le sous-sol, une partie des pertes par percolation peut être considérée comme bénéfique parce qu'elle contribue à lessiver régulièrement le sol, ce qui est nécessaire. Une seconde partie provoque la remontée du niveau

phréatique.

#### **IV.7 L'aménagement des ouvrages annexes du canal Oued Righ**

Comme il a été montré dans le diagnostic de l'état du canal, les ouvrages annexes du canal ont une grande influence sur l'efficacité de celui-ci. Les ouvrages annexes aménagés sont :

- Les drains
- Les passages buses

### **Conclusion**

Les eaux de la nappe phréatique de la région de l'Oued Righ sont caractérisées par des valeurs de conductivités élevées.

L'utilisation de ces eaux pour l'AEP sans traitement préalable est déconseillée.

Du point de vue agricole, les eaux de la région ne conviennent généralement pas à l'irrigation mais peuvent être utilisées sous certaines conditions, pour certaines cultures dans certains sols.

Donc, on conclut que cette nappe peut être exploitée du point de vue hydrochimie, plus au Nord qu'au Sud.

On déduit que dans cette région, il n'y a pas un problème de quantité mais plutôt de qualité, pour cela il faut exiger des méthodes de traitement (dessalement) pour améliorer la qualité chimique des eaux de la nappe phréatique.

### conclusion générale

L'eau que nous consommons est systématiquement traitée avant d'arriver au robinet, mais cela n'empêche pas les risques de contamination à chaque étape du cours d'eau. L'eau potable ne doit pas nuire à la santé du buveur, doit répondre à une série de normes et de normes de qualité physiques, chimiques, sensorielles et biologiques nationales et internationales, et doit donc être contrôlée pour sa qualité. Dans le cas de la consommation d'eau contaminée, la négligence de ce contrôle peut entraîner des maladies d'origine hydrique dans la population.

Cette étude permet d'évaluer les qualités physico-chimiques et sensorielles des eaux du Canal de la Vallée de la Droite sur les échantillons collectés. Des résultats obtenus dans cette étude, il ressort que les eaux du chenal de l'oued Righ sont caractérisées par les qualités physico-chimiques et sensorielles suivantes:

La nappe phréatique est contenue dans du sable fin à moyen quaternaire contenant des cristaux de gypse. Épaississant du sud au nord, la puissance moyenne est de 20 mètres. Caractérisé par des eaux à haute salinité. La nappe phréatique provient principalement de l'irrigation et de la distribution urbaine, de l'eau des tubages de puits endommagés par les faibles précipitations et des infiltrations des aquifères du complexe terminal. Les pertes sont principalement dues à l'évaporation.

- Le continent intercalaire est délimité par deux aquifères grésos-sableux : l'Albien et le Barrémien, séparés par des couches semi-perméables de l'Aptien et recouverts par des couches marno-argileuses et argileuses à évaporites du Cénomaniens. Se compose de plusieurs groupes d'aquifères d'âges et de lithologies variables, séparés par des strates semi-perméables ou imperméables.

- ♦ Formations carbonatées de l'Éocène inférieur et du Sénonien supérieur
- ♦ Les strates clastiques à l'extrémité continentale sont constituées de sables miocènes et sont presque entièrement recouvertes par Dongerge. A cette extrémité continentale, on distingue à Tugur deux nappes : la première, dans les sables et argiles du Pliocène, correspond à un réseau plus ou moins connexe de petites nappes, et la seconde, dans le Miocène supérieur sableux grossier à graviers.

Au niveau tectonique, les immenses accidents méridiens et verticaux déterminent la

## conclusion

division du continent intercontinental, ce qui ne modifie pas la continuité lithologique mais facilite la communication avec les strates au-dessus.

A wadi Righ, la nappe phréatique. Sa profondeur d'eau est supérieure à 150 m et la température est de ( $\approx 50^{\circ}\text{C}$ ). dans la zone d'étude.

La nappe phréatique est très sollicitée pour l'irrigation des palmeraies, notamment dans les zones surdéveloppées du centre.

Les conséquences de l'exploitation de ces aquifères sont multiples :

- Chute d'eau souterraine (Touggourt sur 80 m),
- Remontée de la nappe phréatique et salinisation de l'eau et du sol due à l'accumulation d'eau d'irrigation mal drainée.

Des études sur la chimie de l'eau ont montré que les résidus secs varient entre 2 et 7 mg/L.

Le magnésium, le sodium, le chlorure et le sulfate sont les principaux éléments,

La classification des eaux selon la méthode Stabler et Piper montre les avantages des faciès suivants :

- Sulfaté sodique.
- Chloruré Sodique
- Sulfaté Calcique

## Références Bibliographique

1. **-CIE. 2005.** Centre d'information sur l'eau.[www.Cieau.com](http://www.Cieau.com). (Mai 2022)
2. **-Bertrand G.2008.** Utiliser l'eau de pluie, Editions Eyrolles.130 p.
3. **-Ayad W. 2017.** Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région d'El-Harroch (Wilaya de Skikda), Thèse doctorat en microbiologie appliquée, Université Badji Mokhtar-Annaba, p3-4.
4. **Session de formation du 30/07 au 10/08 2016 IAP HASSI MESSAOUD**
5. **-Louis Schriver-Mazzuoli. 2012.** La gestion durable de l'eau : ressource, qualité, organisation p18.
6. **-Aouissi L. Merabti W. 2019.** Eau: Étude Physico-chimique et Bactériologique Et Développement d'un Système de Traitement (membrane à Base de Charbon Actif), Mémoire de projet fin d'études, génie des procédés ; Université 8 Mai 1945 Guelma.
7. **-Rodier .J. 2005.** L'analyse de l'eau eaux naturelles eaux résiduaires eaux de mer .9ème édition du nod Paris p 66.
8. **-Geujons. 1995 in Haoussa, N. 2013.** Etude de la qualité des eaux eau d'oued Biskra Eau de Droh. Mémoire de master 2.Hydraulique urbaine, Université Mohamed Khider –Biskra 25 p.
9. **-Khrida, G., Rhaiem, A et Bouattour, A. 1997.** Effet de la qualité des eaux sur l'expression du potentiel biotique du Moustique dans la région de Ben Arous (sud Tunis).
10. **-Samake H. 2002.**Thèse analyse physicochimique et bactériologique au L.N.S des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 2000 et 2001.
11. **-Sari H. 2004.**Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source (Attar) (Tlemcen). Mémoire de Master en Sciences des aliments. Université Tlemcen (2014).
12. **-Jean claude B. 1992.**Chimie des eaux 2 eme édition. Les éditions de griffond d'argile p213- 215.

13. **-Makhoukh M. 2011.** Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya. Maroc.
14. **-Ledler, 1986. In Haoussa, N. 2013.** Etude de la qualité des eaux des mélanges eau d'oued Biskra – Eau de Droh. Mémoire de master 2. Hydraulique urbaine, Université Mohamed Khider – Biskra : Faculté des sciences et de technologie, 25 p.
15. **-Khammar H. 2018.** Hydrochimie et qualité des eaux, p2-4.
16. **-Menad. K, Metadjer 2012.** Traitement des eaux saumâtres par l'osmose inverse cas de l'eau de Université Khemis Miliana.
17. **-Sahraoui N. 2015.** Etude de la cohérence entre la vulnérabilité à la pollution de la qualité des eaux souterraines plaine Khemis Miliana. Mémoire de Master en Eau et Bioclimatique. Université Khemis Miliana.
18. **-Khellili R., Lazali D. 2015.** Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage Harraza (Wilaya de Ain Defla) (2005).
19. **-Edberg R., Raczynski M., Prost J-C. et Elmur T. 2000.** Aide à la fiabilisation de l'eau potable en milieu rural .Aspect technique et financiers. OIE au, France p5.
20. **-Rejsek F. 2002.** Analyse des eaux ; Aspects réglementaires et technique. 360p.
21. **-Joel G. 2003.** La qualité de l'eau potable, technique et responsabilités, Paris, Novembre(2003). 167p.
22. **-Bourgeois R., C-M., Mescle J-F. et Zucca J. 1991.** Microbiologie alimentaire. Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Tome 1. Edition Lavoisier. Tec et Doc .p:260-261.
23. **-Potelon J-L., Zysman K. 1998.** Le guide des analyses d'eau potable, la lettre du cadre territorial. 253p.
24. **-Rodier J., Legube B., Merlet N. 2009.** L'analyse de l'eau, 9ème édition, Ed. Dunod, 1600 p.
25. **Sverdrup H.U., Johnson M.W., Fleming R.H., *The Oceans*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1942**

26. **Berner E.K., Berner R.A.**, Global Environment : Water, air, and geochemical cycles, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1996.
27. **Mémoire de master** (l'état de la qualité des eaux de barrage MEXA : valorisation, gestion qualitative et perspectives de protection), Belaididellel et Haouiizouina 2012.
28. **De Villers J., Squilbin M., yourassowsky C. 2005.** Qualité physicochimique et chimique des eaux de surface. Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement.
29. **Pesson P. and Leynaud G. (1980).** La Pollution des eaux continentales: incidence sur les biocénoses aquatiques. Gauthier-Villars.
30. **Mehennaoui- Afri F. Z., 1998.** Contribution à l'étude physico-chimique et biologique de l'Oued Kébir-Rhumel et de ses principaux affluents. Mémoire de magistère en Ecologie. Université Mentouri, Constantine. 238 p.
31. **Rodier J. 2009.** Analyse de l'eau ; Eaux. Ed. *DUNOD BORDAS*, Paris, 9<sup>ème</sup> édition. 1526 p.
32. **Bremond R., Vuichard R., 1973.** Paramètres de la qualité des eaux, OSPEPE, Paris.
33. **MYRAND Diane.** ing, m. sc, guide technique ; captage d'eau souterraine pour des résidences isolées , 2008 .
34. **DUCHAUFOR. P ;** Pédologie : sol, végétation, environnement. ; 4<sup>ème</sup> Edition ; Paris:Masson, 323 p. (Abrégés), 1995.
35. **MARSILY. J.L;** Pathogens in livestock waste, their potential for movement through soil and environmental pollution; vol. 2, pp 1-15; WDSLEY, 1995.
36. **CASTANY .G ;** Principes et méthodes de l'hydrogéologie ,1979 . DUNOD.
37. **SANDRE: Dictionnaire des données ;** Mesure de la qualité Mesure de la qualité des eaux souterraines des eaux souterraines, 2011.
38. **HCEFLCD :** Haut Commissariat Aux Eaux et Forêt et la Lutte Contre la Désertification. Etude sur la pisciculture au barrage Almassira ; CR dar CHAFAAI ; Cercle d'ELBROUGE ; Province de Settat ; 201p, 2006.

39. **RODIER .J, BAZIN .C, BROUTIN. J.P, CHAMBON. P, CHAMPSAUR. H, RODI .L** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer ; 8e édition. Paris:DUNOD ;1384 p, 1996.
40. **KUHN.R.C, Rock. C.M, Oshima. K.H**; Effects of pH and magnetic material on immunomagnetic separation of Cryptosporidium oocysts from concentrated water samples.Applied and Environment Microbiology, 2002
41. **Di GIOVANNI .G.D, HASHEMI. F.H, SHAW. N.J, ABRAMS. F.A, Le CHEVALLIER M.W, ABBASZADEGAN**; Detection of infectious Cryptosporidium partum oocysts in surface and filter backwash water samples by immunomagnetic separation and integrated cell culture-PCR;Apply Environmental Microbiology; vol. 65. Pp 3427-3432,1999.
42. **DUSSART .B** ; Limnologie : Etude des eaux continentales. Gauthier-Villars ; ed ; Paris,1966.
43. **KEMP .J.S, PATERSON. E, GAMMACK. S.M, CRESSER. M.S, Killham .K**; Leaching of genetically modified pseudomonas fluorescens through organic soils: influene of temperature,soil pH and roots. Biology and fertility of doils; vol. 13, pp 218-224, 1992.
44. **CHAPMAN.D, KIMSTACH.V**; Selection of water quality variables. Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring, Chapman edition, 2nd ed. E & FN SPON; London; pp 59-126, 1996.
45. **RODIER. J** ;L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. EditionDunod Paris, 1984.
46. **PESCOD.M.B**; Design; operation and maintenance of waste water stabilization ponds intreatment and use of sewage effluent for irrigation. Ed Pescodand Arar, 93-114, 1985.
47. **RODIER .J**, l'analyse de l'eau ; eaux naturelles ; eaux résiduaire ; eaux de mer ; éditiondunod, 8<sup>eme</sup> édition ; pages (945 à1075), 1976.

48. **PECK.H.D**; Sulphur requirements and metabolism of microorganisms, 1970.
49. **BREMOND.R, VUICHARD. R** ; Paramètres de la qualité des eaux, Documentation Française, Paris, 1973.
50. **BENGOUMI .M , TRAOURE. A, BOUCHRITI. N, BENGOUMI D et EL HRAIKI. A** ;Qualité de l'eau en aviculture .Revue trimestrielle d'information scientifique et technique – Volume 3 – N°1 ; Maroc; pp 5-25, 2004
51. **LAZIRI.F** ; Thèse de doctorat, Calculs urinaire marocains : Epidémiologie et exploration par l'analyse morpho-constitutionnelle ;p 181, 2009.
52. [www.ec.gc.ca](http://www.ec.gc.ca): Site Web d'Environnement Canada, 2006 (Mai 2022)
53. [www.brgm.fr](http://www.brgm.fr) : site web : les eaux souterraines (Mars 2022)
54. <http://www.environnement.gouv.fr/rhon> : Les eaux souterraines (Mai 2022)
55. [http://www.hcsc.gc.ca/ehp/dhm/catalogue/dpc\\_pubs/rqepdoc\\_appui/rqep.htm](http://www.hcsc.gc.ca/ehp/dhm/catalogue/dpc_pubs/rqepdoc_appui/rqep.htm) : Santé Canada ; La turbidité. Document de support aux recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada 1995 (Mai 2022).
56. <http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/potable/prochure> (Mars 2022)
57. <https://cpepesc.org> -nature-et-pollutions (Mai 2022)
58. A.N.R.H., 2006
59. O.N.A. Touggourt, 2010
60. O.N.M

## Les Annexes

Paramètres	Unités	Valeurs guides OMS 2017	Normes Béninoises	Saison pluvieuse			Saison sèche		
				Minimum	Maximum	Moyenne $\pm \delta$	Minimum	Maximum	Moyenne $\pm \delta$
Température	°C	25	-	25,70	27,50	26,96 $\pm$ 0,65	26,30	28,70	27,79 $\pm$ 0,72
Conductivité	$\mu$ S/cm	2000	2000	154,50	642,0	341,15 $\pm$ 170,57	179,0	676,00	383,20 $\pm$ 174,06
Turbidité	NTU	5	5	0,00	16,00	3,01 $\pm$ 5,11	0,00	18,00	5,330 $\pm$ 5,80
pH	-	-	6,5 < pH < 8,5	6,40	7,64	7,01 $\pm$ 0,35	6,54	7,89	7,11 $\pm$ 0,38
TH	mg/L	-	200	27,00	104,0	58,10 $\pm$ 25,71	31,0	119,0	63,70 $\pm$ 30,11
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	50	45	1,32	193,0	75,11 $\pm$ 67,53	2,11	189,0	75,77 $\pm$ 67,60
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/L	3	3,2	0,00	0,10	0,03 $\pm$ 0,03	0,0	0,16	0,05 $\pm$ 0,06
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/L	250	500	0,66	11,00	3,75 $\pm$ 3,60	0,79	14,00	4,26 $\pm$ 4,27
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg/L	5	5	0,14	0,61	0,43 $\pm$ 0,17	0,21	0,73	0,47 $\pm$ 0,17
F <sup>-</sup>	mg/L	1,5	1,5	0,00	0,36	0,10 $\pm$ 0,11	0,0	0,32	0,10 $\pm$ 0,10
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	-	-	6,10	12,38	10,60 $\pm$ 2,50	7,22	14,05	11,47 $\pm$ 2,34
Cl <sup>-</sup>	mg/L	250	250	7,10	67,45	32,65 $\pm$ 22,07	6,93	71,11	33,71 $\pm$ 23,27
Na <sup>+</sup>	mg/L	$\leq$ 150	-	2,60	49,00	22,51 $\pm$ 16,69	3,25	54,0	23,96 $\pm$ 17,99
Mg <sup>2+</sup>	mg/L	50	50	0,48	6,80	4,22 $\pm$ 2,41	0,73	7,09	4,34 $\pm$ 2,53
Ca <sup>2+</sup>	mg/L	100	100	5,61	33,07	19,38 $\pm$ 9,39	5,69	35,57	20,16 $\pm$ 10,05
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/L	$\leq$ 0,5	$\leq$ 0,5	0,01	0,22	0,09 $\pm$ 0,07	0,02	0,29	0,12 $\pm$ 0,09
Fe <sup>2+</sup>	mg/L	0,3	0,3	0,000	0,390	0,13 $\pm$ 0,13	0,00	0,42	0,15 $\pm$ 0,13
K <sup>+</sup>	mg/L	$\leq$ 12	-	-	-	-	0,882	46,241	15,02 $\pm$ 15,51

**les normes physico chimiques de l'eau par oms**