



**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE  
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITÉ ABDELHAMID IBN BADIS - MOSTAGANEM**



**Faculté des Sciences Exactes et d'Informatique  
Département de Chimie  
Filière : Chimie appliquée**

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES  
Pour l'Obtention du Diplôme de Master en Chimie appliquée  
Option : **Chimie appliquée****

**THEME :**

**Etude comparative entre une eau souterraine potable et une eau  
dessalée**

**Présenté par**

M<sup>me</sup> KRADIA Chahira

M<sup>me</sup> KHELIFA MAHDJOUBI Ikram

**Devant le jury composé de**

**Président :** Mr BELHALFAOUI Fayçal université de Mostaganem

**Examineur :** Mr KADI Abdelkader université de Mostaganem

**Encadreur :** Mr BOURAADA Mohamed université de Mostaganem

Année Universitaire 2020/2021

# Remerciements

*Avant tout, nous remercions **ALLAH** tout puissant, de nous avoir accordé la force, le courage et les moyens pour la réalisation de ce travail.*

*Nous tenons à remercier **Mr,BOURAADA M.** d'avoir accepté de nous encadrer sur ce thème, de nous avoir conseillé judicieusement, orienté, encouragé et de nous apporter son attention tout au long de ce travail.*

*Nous tenons également à remercier **Mr, BELHALFAOUI F.** D'avoir accepté de présider le jury.*

*Nous remercions **Mr,KADI A.** qui nous a honorés pour examiner notre travail.*

*Nos remerciements s'adressent également au chef service de laboratoire d'ADE de la wilaya de Mostaganem **Mr BENDBIZZA M** ainsi qu'à toute l'équipe de laboratoire qui nous ont beaucoup aidés : **Khitem, Naima,Noura....***

*Je veux dire merci à tous les enseignants du département chimie et a monsieur le doyen de la faculté.*

*Nous tenons à remercier chaleureusement tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.*



## **Dédicace**

À la plus belle créature que Dieu a créée sur terre À  
cette source de tendresse, de patience

et de générosité, À ma mère « **R,oulad kada** ». !

À ma chère grand-mère « **fatma** » Ce travail est le fruit  
de tes sacrifices que tu as consentis pour mon  
éducation le long de ces années.

À Mon très cher père « **Youcef** » qui a guidé mes premiers  
pas à l'école, qui fustout au long de sa vie le soutien des  
tiens , Que dieu te de Donne santé et de Lang vie,

À tous mes frères « **A, R** » et sœurs « **M, KH, A** ».

À mes tantes « **H, K, F, A, M** » et à toute ma famille.

À tous mes amis et collègues « **Hamida, Khaoula, Lyna,  
aisha , khadidja, kheira** »

Sans oublier mon cher Fiancé « **Abdelwahab** », qui a toujours  
contribué à mon son soutien .

**Khelifa mahdjoubi ikram**



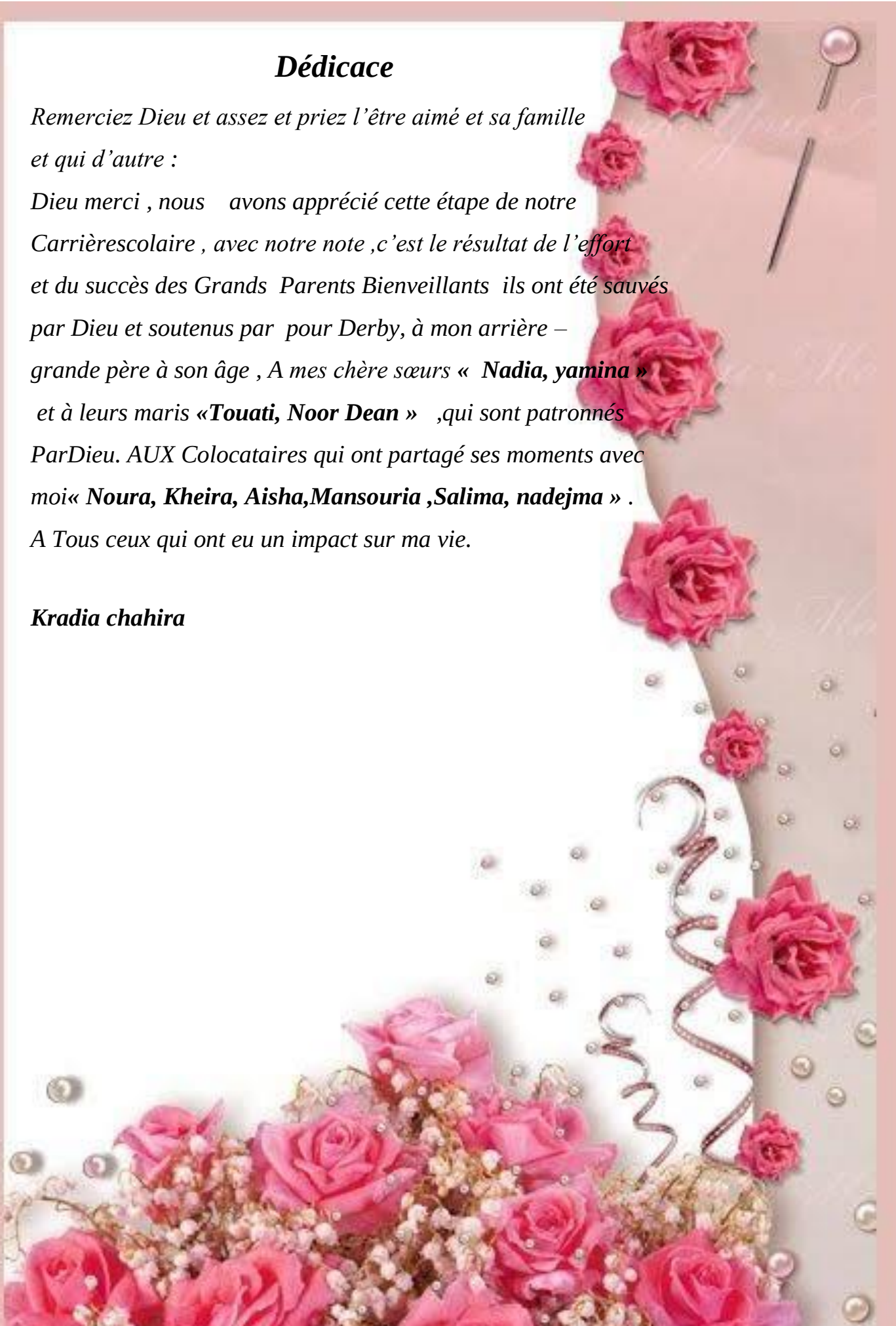


## **Dédicace**

*Remerciez Dieu et assez et priez l'être aimé et sa famille  
et qui d'autre :*

*Dieu merci , nous avons apprécié cette étape de notre  
Carrière scolaire , avec notre note ,c'est le résultat de l'effort  
et du succès des Grands Parents Bienveillants ils ont été sauvés  
par Dieu et soutenus par pour Derby, à mon arrière –  
grande père à son âge , A mes chère sœurs « **Nadia, yamina** »  
et à leurs maris «**Touati, Noor Dean** » ,qui sont patronnés  
Par Dieu. AUX Colocataires qui ont partagé ses moments avec  
moi« **Noura, Kheira, Aisha, Mansouria ,Salima, nadejma** » .  
A Tous ceux qui ont eu un impact sur ma vie.*

**Kradia chahira**



A blue, tab-like graphic with rounded corners and a vertical tab on the left side. The word "Résumé" is centered on the main body of the tab.

## Résumé

## Résumé :

L'eau est une partie simple, bien que limitée, qui est essentielle pour la survie de tous les types de vie et pour le développement de la population ; l'augmentation des besoins en eau et la disponibilité d'eau de haute qualité demeurent un défi local particulier pour l'Algérie.

La mer et le puits sont d'importantes source d'eau potable pour la population de l'état de Mostaganem .cette recherche implique donc une étude physique et chimique basée sur les normes nationales de consommation d'eau et de santé des consommateurs et les résultats obtenus pour les deux sources montrent qu'elles sont de bonne qualité, bien qu'elles soient buvables.

**Mots clés :** Puits-Unité dessalement-Analyse physico-chimique

### ملخص:

الماء جزئ بسيط برغم من بساطة مكوناته إلا أنه ضروري لاستمرارية جميع أنواع الحياة ولتنمية السكان. لا تزال الزيادة احتياجات المائية وتوفر المياه ذات الجودة العالية يمثلان تحديا موضوعيا خاصة بالنسبة للجزائر. يمثلان كلا المنبعين "البحر والبنر" مصدران مهمان لتزويد سكان ولاية مستغانم بالمياه الصالحة للشرب , لذا فان هذا البحث يضم دراسة فيزيائية وكيميائية بالاعتماد على المعايير الوطنية لاستهلاك المياه والحفاظ على صحة المستهلك والنتائج المتحصل عليها لكلا المصدرين تبين انها ذات جودة عالية , مع انها صالحة للشرب

**الكلمات المفتاحية :** البنر – وحدة تحلية المياه – التحليل الفيزيائي الكيميائي.

### Abstract:

Water is a simple part, although its components are simple, but it is essential for the survival of all kinds of life for indigenous development increasing water need and high-quality water availability remains a particular local challenge for Algeria.

Both the sea and the well are important source of drinking water for the people of the state of mostaganemso this research involves a physical and chemical study based on national standards for water consumption and consumer health the results obtained for both sources show that they are of good quality, even though they are drinkable.

**Key word:**Well-desalination unit-physical-chemical analysis

## Liste des tableaux

**Tableau I.1** : principales constantes physiques de l'eau pure05

**Tableau I.2** : Réserves d'eau de la planète09

**Tableau I.3** : différence entre eaux souterraines et eaux profondes12

**Tableau I.4** : Normes d'eau potable selon l'Algérienne et selon l'OSM (source ADE)15

**Tableau I.5** : classification des eaux d'après leur pH17

**Tableau I.6** : Classification des eaux selon la conductivité18

**Tableaux I.7** : Classes de turbidité usuelles 19

**Tableau II .1** : prélèvement et analyses des échantillons durant 15 Jorues37

**Tableau III.1** : Analyse d'eau et date de prélèvement (28-02-2021)65

## Listes des figures

**Figure I .1** : structure de la molécule d'eau03

**Figure I.2** : représentation schématique du cycle l'eau global08

**Figure II.1** : la Station de dessalement24

**Figure II.2** : Présente le puits24

**Figure II.3** : Description du procédé de captage26

**Figure II.4** : Hypochlorite de sodium captage28

**Figure II.5** : Filtration 1<sup>ère</sup>étape29

**Figure II.6** : Filtration 2eme étape30

**Figure II.7** : microfiltration31

**Figure II.8** : Principe d'osmose inverse32

**Figure II.9** : Procédé d'osmose inverse34

**Figure II.10** : Système reminéralisations36

**Figure II.11** : Système de pompage de l'eau produit36

**Figure II.12** : Méthode de prélèvement38

**Figure II.13** : Test de chlore40

**Figure II.14** : Schéma des méthodes d'analyse physico –chimique41

**Figure II.15** : présenté le multi paramètre42

**Figure II.16:** Avant le titrage45

**Figure II.17** : Après le titrage45

**FigureII.18** : Avant le titrage46

**FigureII.19** : Après le titrage46

**Figure II.20** : Couleur Avant le titrage49

**FigureII.21** : Avant le titrage50

**Figure II.22** : Après le titrage50

**FigureII.23** : présent les étapes de Détermine Matières organique53

**Figure II.24** : Spectrophotomètre d'absorption moléculaire54

**Figure II.25** :Analyse des nitrites55

**Figure II.26** :Analysede l'ammonium 58

**Figure II.27** : analyse de phosphate59

**Figure II.28** : analyse de fer63

**Figure II.29** : Appareil de spectrophotomètre à flamme 64

**Figure III.1** : Histogramme de variation de la Couleur67**Figure III.2** : Histogramme des



valeurs de Température, Turbidité, conductivité, pour Les deux sources étudiées68

**Figure III.3 :** Histogramme de variation de Ph 69

**Figure III.4 :** Histogramme de variation de chlorure69

**Figure III.5 :** Histogramme de variation de potassium et sodium et manganèse70

**Figure III.6 :** Histogramme de variation de titre hydrotimétrique71

**Figure III.7 :** Histogramme de variation de calcium et magnésium 72

**Figure III .8:** Histogramme de variation de titre alcalimétrique72

**Figure III .9 :** Histogramme de variation de titre alcalimétrique complet73

**Figure III.10 :** Histogramme de variation de bicarbonate74

**Figure III.11 :** Histogramme de variation de nitrate et nitrite 74

**Figure III.12 :** Histogramme de variation d'Ammonium et phosphate75

**Figure III. 13 :** Histogramme de variation de la matière organique 76

**Figure III. 14 :** Histogramme de variation des éléments indésirables 76

# Table de matière

## Introduction générale01

### Chapitre I : Généralité et qualité de l'eau

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| I.1 : Introduction                                                       | 02 |
| I.2 : Définition de l'eau                                                | 03 |
| I.4: Propriété physico-chimique                                          | 04 |
| I.4.1: Propriété physique                                                | 04 |
| I.4.1.1 : Masse volumique                                                | 04 |
| I.4.2. Propriétés oxydo-réductrices                                      | 04 |
| I.4.2.1. Conductivité électrique de l'eau                                | 04 |
| I.4.4. Propriétés Optiques                                               | 05 |
| I.4.5. Propriétés Chimiques                                              | 05 |
| I.5. Cycle de l'eau                                                      | 06 |
| I.5.1. L'évaporation                                                     | 07 |
| I.5.2 .La condensation                                                   | 07 |
| I.5.3 .Les précipitations                                                | 07 |
| I.5.4 .L'infiltration                                                    | 07 |
| I.6. Répartition de l'eau sur la planète                                 | 08 |
| I.7. Sources d'eau                                                       | 10 |
| I.7.1 : Les eaux souterraines                                            | 11 |
| I.7.2 : Les nappes                                                       | 11 |
| I.7.2.1. Définitions                                                     | 11 |
| I.7.2.2. Les différents types de nappes                                  | 11 |
| a. Nappe libre                                                           | 11 |
| b. Nappe captive                                                         | 11 |
| I.7.2.3. la plus grande nappe phréatique du monde                        | 12 |
| I.7.3. Eau de surface                                                    | 12 |
| I.7.4. Eau saline                                                        | 12 |
| I.7.5. Eau de mer                                                        | 12 |
| I.8. Principales différences entre eaux superficielles et eaux profondes | 12 |
| I.9. Les type d'eau                                                      | 14 |
| I.9.1. L'eau brute                                                       | 14 |
| I.9.2. L'eau traitée                                                     | 14 |

|                                                       |    |
|-------------------------------------------------------|----|
| I.9.3.l'eau potable                                   | 14 |
| I.10.Critères de l'eau                                | 14 |
| I.10.Définition d'une norme                           | 15 |
| I.11.Analyse de l'eau potable                         | 16 |
| I.11.1. Paramètre organoleptique                      | 16 |
| I.11.2. Couleur                                       | 16 |
| I.11.3. Odeur                                         | 16 |
| I.11.4.Gout et saveur                                 | 17 |
| I.11. 2.Paramètres physico-chimiques                  | 17 |
| I.11.2.1.Température                                  | 17 |
| I.11.2.2. Potentiel d'hydrogène (pH)                  | 17 |
| I.11.2.3. Conductivité électrique                     | 18 |
| I.11.2.4.Turbidité                                    | 18 |
| I.11.2.5. Résidu Sec (RS)                             | 19 |
| I.11.2.6.Matières organique dissoutes                 | 19 |
| I.11 .2.7. Salinité                                   | 20 |
| I.11.3. Qualité chimique                              | 20 |
| I.11.3.1. Dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH) | 20 |
| I.11.3.2. Titre Alcalimétrique (TA)                   | 20 |
| I.11.3.3 .Titre Alcalimétrique complet(TAC)           | 20 |
| I.11.4. Sels Minéraux Dissous                         | 20 |
| I.11.4.1.Cations                                      | 20 |
| I.11.4.1.1. Ions calcium                              | 20 |
| I.11.4.1.2. Ions de sodium                            | 21 |
| I.11.4.1.3. Magnésium                                 | 21 |
| I.11.4.1.4. Ions de Potassium                         | 21 |
| I.11.4.1.5. Manganèse                                 | 21 |
| I.11.4.1.7.Ions Ammonium                              | 22 |
| I.11.4.2. Anions                                      | 22 |
| I.11.4.2.1. Ions Carbonates et Bicarbonates           | 22 |
| I.11.4.2.2. Ions sulfates ( SO <sub>4</sub> )         | 22 |
| I.11.4.2.3. Nitrites (NO <sub>2</sub> )               | 22 |
| I.11.4.2.4.Nitrates (NO <sub>3</sub> )                | 22 |

I.11.4.2.5. Chlorures (Cl-)23

I.11.4.2.6. Phosphates (PO<sub>4</sub>)23

## **Chapitre 2 : Matériel et méthode**

II.1. Introduction24

II.2. Unité de dessalement de l'eau de mer de Mostaganem24

II.2 .1. Présentation de la Station de dessalement de Mostaganem24

II.2.3. Description et fonctionnement de l'unité 25

II.2.3.1. Captage et pompage de l'eau de mer25

II.2.3.1.1. Tours de captage et tuyauterie de captage25

II.2.3.1. Système anti-méduses26

II.2.3.1.3. Système d'amorçage des pompes de l'eau de mer26

II.2.3.1.4. Système de pompage de l'eau de mer26

II.2.3.2. Système de prétraitement26

II.2.3.2.1. Conditionnement chimique27

II.2.3.2.2. Système de Filtration28

II.2.3.2.2.1. Filtration de première étape28

II.2.3.2.2.2. Filtration de deuxième étape29

II.2.3.2.2.3. Système de nettoyage des filtres29

II.2.3.2. 3. Système de microfiltration30

II.2.3.3. Système d'osmose inverse31

II.2.3.3.1. Système de pompage haute pression, pompes Booster et Récupérateurs d'Energie 32

II.2.3.3.2. Châssis d'osmose inverse32

II.2.3.3.3. Nettoyage chimique33

II.2.3.4. Système de reminéralisation et conditionnement de l'eau osmose34

II.2.3.4.1. Dosage de dioxyde de carbone35

II.2.3.4.2. Lits de calcite35

II.2.3.4.5. Dosage de chlore résiduel 35

II.2.3.5. Stockage et impulsion de l'eau produit36

II.6. Avantages et inconvénients de dessalement37

II.7. Echantillonnage et prélèvement37

II.8. Mode de prélèvement

II.9. Conservation de ces échantillons39

II. 10. Matériels pour prélèvement39

II.11. Mode de *prélèvement*39

II.12. Control de chlore résiduelle40

II.13. Méthodes d'analyses physico-chimiques40

II.13.1. Lecture physique ou paramètres de table41

|               |                                                                                                                                   |    |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| II. 13.1.1.   | PH                                                                                                                                | 41 |
| II. 13. 1 .2. | Température                                                                                                                       | 42 |
| II. 13. 1.3.  | Mesure de la conductivité électrique                                                                                              | 42 |
| II. 13. 1.4.  | Mesure de la turbidité                                                                                                            | 43 |
| II. 13. 1 .5. | Résidus secs                                                                                                                      | 43 |
| II. 13. 2.    | Titration volumétrique                                                                                                            | 43 |
| II. 13. 2.1.  | Titre hydrométrique (TH)                                                                                                          | 44 |
| II. 13. 2.2.  | Titre calcique ( $\text{Ca}^{+2}$ )                                                                                               | 45 |
| II. 13. 2.3.  | Détermination le Dosage du Calcium ( $\text{Ca}^{+2}$ ) par la dureté calcique TH, $\text{Ca}^{+2}$ (Titre hydrométrique calcique | 46 |
| II. 13. 2.4.  | Détermination le Dosage du Magnésium ( $\text{Mg}^{+2}$ )                                                                         | 48 |
| II. 13. 2.5.  | Détermination de l'alcalinité TA et TAC                                                                                           | 48 |
| II. 13. 2.6.  | Détermination de $\text{HCO}_3$                                                                                                   | 49 |
| II. 13. 2.7.  | Détermine de ( $\text{CaCO}_3$ )                                                                                                  | 49 |
| II.13. 2.8.   | Chlorure ( $\text{Cl}^-$ )                                                                                                        | 49 |
| II. 13. 2.9.  | Détermine Matières organiques (Oxydabilité au permanganate de potassium)                                                          | 51 |
| II. 13.3.     | Spectrophotométrie                                                                                                                | 53 |
| II. 13.3. 1.  | Analyse des Nitrites                                                                                                              | 54 |
| II. 13.3.2.   | Dosage de nitrate                                                                                                                 | 55 |
| II. 13.3. 3.  | Dosage de l'ammonium                                                                                                              | 57 |
| II. 13.3. 4.  | Dosage des ions phosphore                                                                                                         | 58 |
| II. 13.3. 5.  | Aluminium                                                                                                                         | 59 |
| II. 13.3. 6.  | Manganèse                                                                                                                         | 61 |
| II. 13.3.7.   | Dosage de Fer                                                                                                                     | 63 |
| II. 13.3.8.   | Dosage de sodium et de potassium par photométrie de la flamme                                                                     | 64 |



## Chapitre III: Résultats et interprétations

III.1 Paramètre organoleptiques 66

III.1 .1 Odeur66

III.1 .2 Couleur66

III.2 Analyses physico- chimiques66

III.2 .1 Paramètres physico-chimiques67

III.2 .1.1 Température, turbidité, conductivité électrique67

III.2 .1.1 .2 Potentiel d'hydrogène (PH) 68

III.2 .2 Minéralisation globale69

III.2 .2 .1.IONS  $\text{Cl}^-$  69

III.2 .2 .2  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  70

III.2 .2 .3 Dureté totale71

III.2 .2 .4 Titre alcalimétrique TA72

III.2 .2 .5 Titre alcalimétrique complet TAC 73

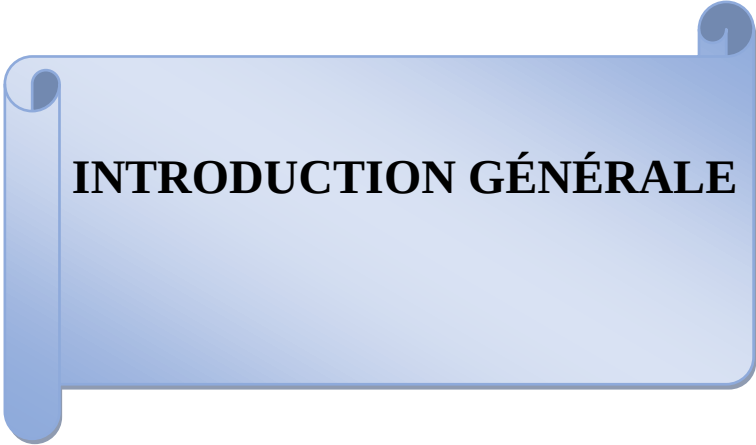
III.2 .3 . Paramètres de pollution74

**III.2 .3 .1  $\text{NO}_3^-$  et  $\text{NO}_2^-$**  75

III.2 .3 .2Ammonium et phosphore75

III.2 .3 .3 Matière organique76

III.2 .4 Éléments indésirables



## **INTRODUCTION GÉNÉRALE**

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

L'eau est la matière première la plus importante sur notre planète, pour les êtres humains, les animaux, les plantes et les microorganismes. Pratiquement tous phénomènes vitaux de la biosphère sont liés à la disponibilité de l'eau. L'eau n'est donc pas uniquement espace vital ou moyen de transport, mais également un élément essentiel pour tout genre de production.

Au cours de l'histoire, la disponibilité globale d'eau est restée plus ou moins constante. Aujourd'hui, plus de 6,5 milliards d'êtres humains doivent se contenter de la même quantité d'eau. C'est pourquoi la matière première qu'est l'eau, pendant longtemps librement disponible dans de nombreuses parties de la terre. Cette matière est considérée comme un solvant universel, grâce à son abondance presque gratuit et non toxicité, utilisée dans les différents secteurs industriels. Malheureusement, plus de 90% des activités industriels rejettent quotidiennement leurs effluents, chargés en polluants solubles et insolubles, sans aucun traitement préalable. Par conséquent, les milieux récepteurs à savoir : les rivières, les mers, les nappes phréatiques et les lacs, sont dégradés progressivement en provoquant une perturbation des équilibres de l'écosystème.

L'objectif principal de notre travail est consacré à la caractérisation des eaux des sources situées dans la région de Mostaganem ainsi que la comparaison de la qualité de l'eau, est ce qu'il est potable, entre l'eau souterraine potable issue d'un puits de Bouguirat et une eau dessalée de l'unité de dessalement de l'eau de mer.

Pour mener à bien notre étude, nous avons structuré notre travail comme suit :

- Une partie théorique dans laquelle nous présentons une description du complexe de traitements des eaux de l'unité de dessalement de l'eau de mer au sein de Mostaganem et une étude bibliographique sur les eaux.
- Une partie pratique où nous nous sommes fixés sur les différentes techniques d'analyses physico-chimiques et chimiques des eaux en aval de l'unité de dessalement de l'eau de mer et d'un puits de Bouguirat, au niveau du laboratoire.
- En finale une conclusion générale résumant l'essentiel du travail.



**Chapitre I**  
**Généralité et qualité de l'eau**

## I.1 Introduction

L'eau est la plus importante source vitale à commencer par l'unité fondamentale de l'être vivant, la cellule baigne toujours dans l'eau. Cette dernière joue un rôle dans la régulation de la concentration intracellulaire et extracellulaire donc dans les échanges cellulaires qui permettent à leur tour à l'organisme de croître et de se développer [1].

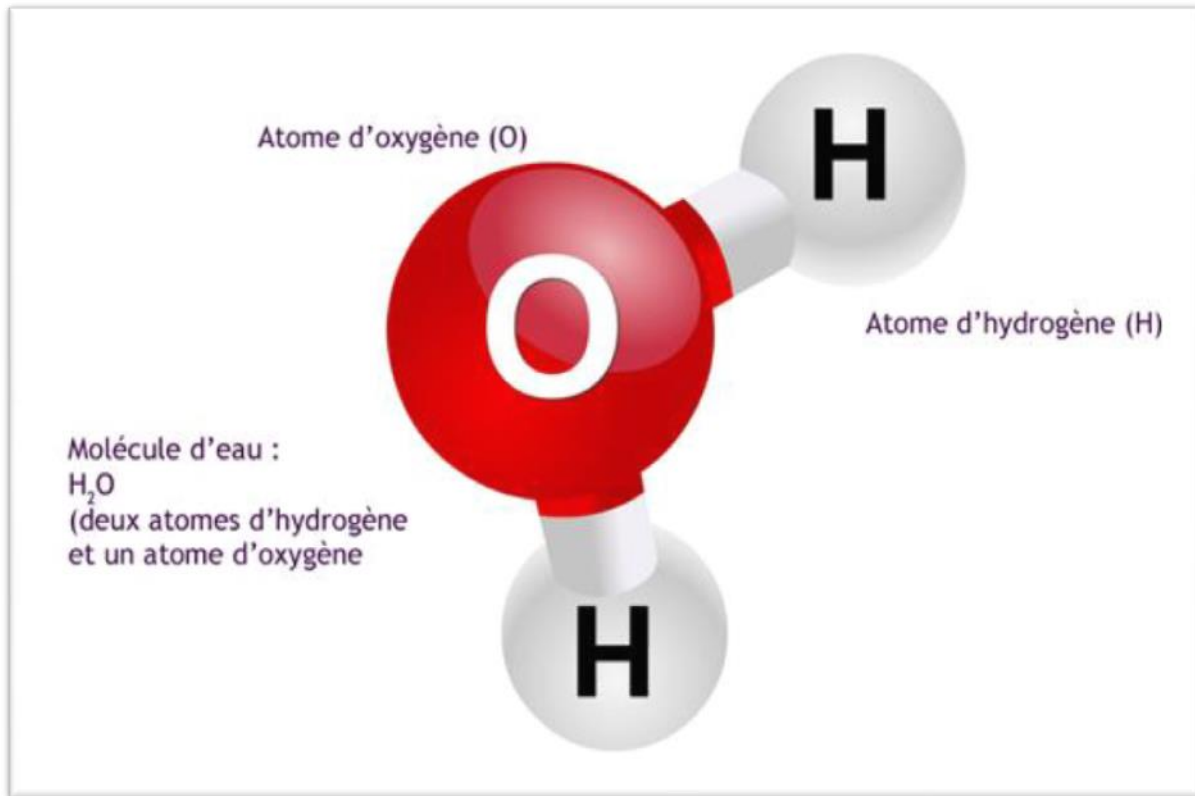
En fait, tous les êtres vivants vivent sur une planète « planète bleue » qui se distingue des autres planètes du système solaire par l'abondance de l'eau. L'approvisionnement en eau constitue actuellement un besoin majeur dans les différents domaines de la vie, en raison de l'accroissement de la population et de son niveau de vie[2].

## I.2.Définition de l'eau

L'eau est partout présente dans la nature .c'est un liquide incolore, inodore, sans saveur, de PHneutre et c'est un excellent solvant entrant dans la composition de la majorité des organismes [3].

L'eau est un composé chimique simple, liquide à température et pression ambiantes. À Pression ambiantes (1 atmosphère), l'eau est gazeuse au-dessus de 100 °C et solide en dessous de 0°C. Sa formule chimique est H<sub>2</sub>O, c'est -à- dire que chaque molécule d'eau se compose

d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène [4].



**FigureI ,1** : structure de la molécule d'eau

### **I.3.Importance de l'eau**

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

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

L'homme doit donc chaque jour subvenir à ses besoins en eau, en buvant, mais aussi en mangeant car les aliments en contiennent beaucoup. Pour maintenir l'organisme en bonne santé, les pertes en eau doivent toujours être compensées par les apports. La soif est d'ailleurs un mécanisme par lequel l'organisme " avertit " qu'il est en état de déshydratation,[5]

### **I.4.Propriétés physico-chimiques**

### I.4 .1 . Propriétés physiques

#### I.4.1.1. Masse volumique

La masse volumique varie avec la température et la pression, la masse volumique de la glace est plus faible que celle de l'eau. En effet, la densité maximale de l'eau est obtenue pour une température de 3,984 °C. Ainsi, l'eau est considérée comme un fluide incompressible. Mais, en fait, c'est un fluide légèrement élastique : son volume décroît d'environ 0,048 % chaque fois que la pression augmente d'une atmosphère. [6]

#### I.4.2. Propriétés oxydo-réductrices

L'eau constitue un système oxydo-réducteur particulièrement important à considérer (Puisque son domaine de stabilité sera limité par ses réactions d'oxydation et de réduction).

[7] Le pôle positif représente un déficit en électron, c'est un agent

Oxydant. Le pôle négatif est caractérisé par un excès d'électron c'est un agent réducteur qui

Pourra céder des électrons. [8]

#### I.4.2.1. Conductivité électrique de l'eau

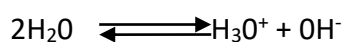
La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1cm de surface et séparées l'une de l'autre de 1cm, elle est l'inverse de la résistivité électrique. Les sels minéraux en solution résultent d'un mélange de cations et d'anions ; ils conduisent un courant électrique quand une tension est appliquée entre deux électrodes placées dans l'eau. Plus il y a d'ions et plus la conductivité augmente (alors que la résistivité diminue). [9]

#### I.4.3. Propriétés électriques

- Constante diélectrique = 80 Très élevée
- Pouvoir ionisation très important
- Conductivité électrique :  $K = 4,2 \cdot 10^{-6}$  siemens par centimètre

Cette propriété est utilisée pour le contrôle de la qualité de l'eau (Saïd Ouali, 2001)1.

Cette conductivité très faible, mais jamais nulle de l'eau est expliquée par l'autodissociation :



Avec  $[H^+][OH^-]=10^{-14}$

#### I.4.4. Propriétés Optiques

La transparence de l'eau dépend de la longueur d'onde de la lumière qui la traverse.

L'eau absorbe fortement l'orangé et le rouge dans le visible, d'où la couleur bleue de la lumière transmise en couche épaisse, cette transparence est souvent utilisée pour apprécier certaines formes de pollution. [6]

#### I.4.5. Propriétés Chimiques

L'eau est un excellent solvant, donc facilement polluée le processus de dissolution d'une substance est une destruction de sa cohésion interne, cette dernière est due à des forces

inter atomiques et intermoléculaires. L'eau est, par ses propriétés électriques et sa constitution

moléculaire, particulièrement apte à la mise en solution de nombreux corps gazeux, liquides polaires, et surtout solides. [10]

**Tableau I.1 : principales constantes physiques de l'eau pure (Boeglin, 2001)**

| Eau liquide                             | /             |
|-----------------------------------------|---------------|
| Température d'ébullitions sous 760mm Hg | 100%          |
| Capacité thermique massique à 15 °C     | 4,1868j .g    |
| Enthalpie de la vaporisation à 100 °C   | 2252,5j.g     |
| Conductivité thermique à 20 °C          | 5,98mW .cm .K |
| Résistivité à 20 °C                     | 80            |
| Permittivité relative $\epsilon$ à 20°C | 1,333         |



|                                         |                |
|-----------------------------------------|----------------|
| Indice réfraction pour la raie D à 10°C | /              |
| Masse volumique à 4°C                   | 1g. Cm         |
| <b>Eau solide</b>                       | /              |
| Température de fusion                   | 0°C            |
| Capacité thermique massique             | 2,0934j.g      |
| Enthalpie de fusion sous 760 mm Hg      | 333,27j.g      |
| Tension de vapeur à 0°C                 | 877,128Pa      |
| Permittivité relative $\epsilon$        | 3,26           |
| Indice de réfraction pour la raie D     | 1,30907        |
| Densité (par rapport à l'eau à 4°C)     | 0.91649=0,0007 |
| <b>Eau vapeur</b>                       | /              |
| Conductivité thermique à 100°C          | 0,231 mW. Cm   |
| Densité par rapport à l'air             | 0,62337        |

### I.5.Cycle de l'eau

Le Cycle de l'eau est avant tout favorisé par le rayonnement solaire. De manière qualitative, on peut le décrire de la manière suivante : l'eau s'évapore dans l'atmosphère à partir des eaux de surface (par exemple les lacs), mais aussi à partir du sol et des plantes, elle est alors transportée sous forme des nuages. Elle retourne ensuite vers la terre à partir des nuages sous forme précipitation, soit elle atteint la surface des lacs ou des mers, soit elle atteint la nappe phréatique à travers le sol.

### I.5.1. L'évaporation

L'évaporation est le processus par lequel l'eau liquide se transforme en gaz ou vapeur, la chaleur fournie par le soleil, est nécessaire pour ce processus.

L'évaporation des océans est la façon première pour l'eau d'entrer dans l'atmosphère.

### I.5.2. La condensation

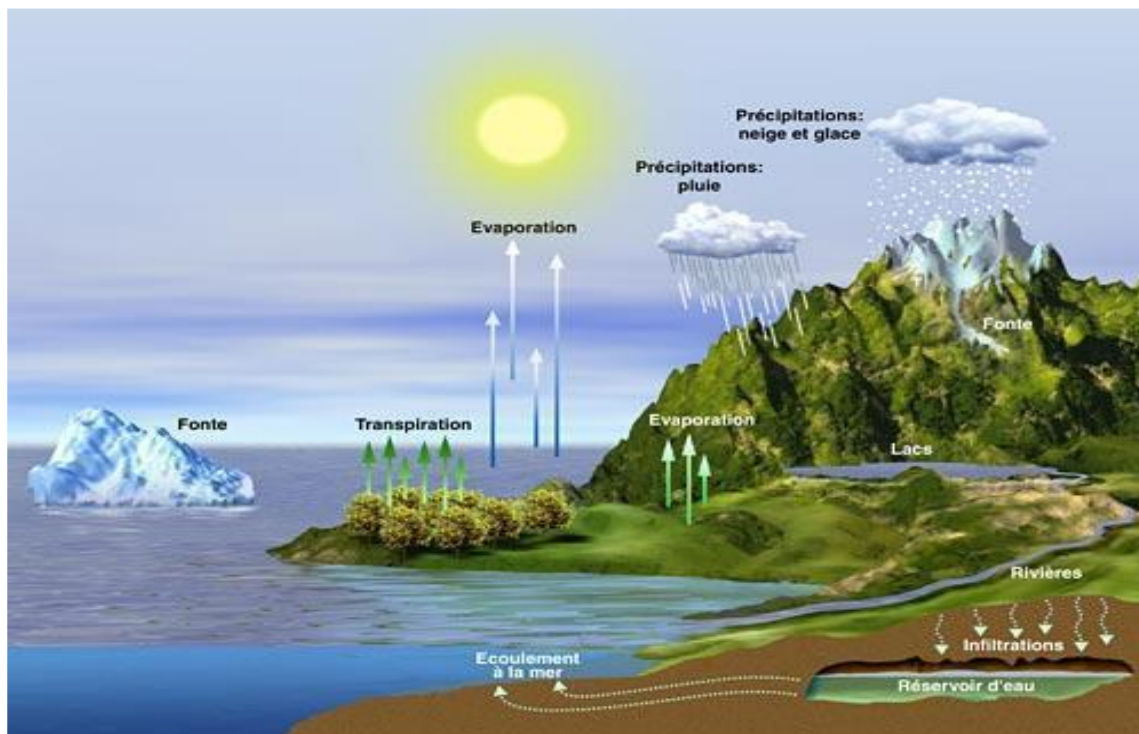
La condensation est un processus de transformation de la vapeur en eau liquide. Elle est importante puisqu'elle participe à la formation des nuages.

### I.5.3. Les précipitations

La précipitation est la libération de l'eau des nuages sous forme de pluie, neige ou grêle. C'est le principal chemin qu'utilise l'eau de l'atmosphère pour retourner à la terre.

### I.5.4. L'infiltration

L'eau sous forme de pluie ou de neige s'infiltré dans le sous-sol et les roches, une partie des eaux d'infiltration est reprise par la végétation qu'elle alimente avant d'être rejetée dans l'atmosphère. L'autre partie s'accumule dans le sous-sol pour former des nappes souterraines qui, à leur tour peuvent former des émergentes à la surface du sol. [11]



**Figure I.2** : représentation schématique du cycle l'eau global

## I.6. Répartition de l'eau sur la planète

Dans l'optique de son utilisation par l'homme, les aspects quantitatifs et qualitatifs de l'eau sont étroitement liés :

- 97% de l'eau se trouve dans l'océan... mais elle est salée ;
- L'atmosphère, qui retient seulement un cent millième de l'eau douce, joue cependant un rôle clé dans le cycle hydrologique par le recyclage rapide qu'elle assure
- Les calottes polaires, notamment celle de l'Antarctique, stockent les trois quarts de l'eau douce de la planète, cette réserve étant malheureusement inaccessible ;
- L'eau que nous utilisons provient essentiellement des lacs, des cours d'eau et des nappes d'eau souterraine. Si pour l'essentiel ces ressources sont renouvelables, il existe des gisements d'eaux souterraines dites : « fossiles » peu impliqués dans le cycle de l'eau compte tenu de leur profondeur (jusqu'à 1000 m), qui constituent des stocks quasi non renouvelables à l'échelle humaine : le renouvellement n'est jamais nul mais il est très lent, de l'ordre de plusieurs millénaires ou dizaines de millénaires. Accessoires à l'échelle mondiale, mais capitaux pour quelque pays, ces gisements d'eaux souterraines « fossiles » constituent par exemple d'importantes réserves d'eau de bonne qualité dans les grands bassins du Sahara et de la Péninsule arabique :

Arabie Saoudite : 500 milliards de m<sup>3</sup>.

Jordanie : 30 milliards de m<sup>3</sup>.

Lybie (nappe de Kuffra) : 3 400 milliards de m<sup>3</sup>

Lybie (nappe de Murzuk) : 4 800 milliards de m<sup>3</sup>.

L'exploitation de ces eaux souterraines « fossiles » n'est pas seulement « minière » par les techniques de recherches et de production, mais aussi parce que ces gisements d'eau s'épuisent comme des gisements de pétrole ou de minerai. Enfin, des nappes aquifères, réparties sur plusieurs pays, peuvent provoquer des situations conflictuelles.

En comparant les flux des différentes parties de l'hydrosphère aux volumes de chacun des réservoirs, on peut estimer la durée de renouvellement moyen de chacun d'eux, soit :

- 2 500 ans pour les océans ;
- De 1 000 à 10 000 ans pour les glaciers et les calottes glaciaires.
- 1 500 ans pour l'ensemble des eaux souterraines.
- 17 ans pour les lacs d'eau douce.
- 1 an pour l'humidité des sols.
- 8 jours pour l'atmosphère.
- 16 jours pour les cours d'eau.

**Tableau I.2: Réserves d'eau de la planète**

| Réservoirs                     | Volume<br>(10 <sup>15</sup> m <sup>3</sup> ) a | %<br>Total | Temps de<br>résidence |
|--------------------------------|------------------------------------------------|------------|-----------------------|
| Océans                         | 1 3500                                         | 97         | 2 500 ans             |
| Glaciers (calotte<br>glacière) | 33                                             | 2.4        | 1 000 à 10 000 ans    |
| Eaux souterraines              | 8                                              | 0.6        | 1 500 ans             |
| Lacs                           | 0.1                                            | <0.01      | 17 ans                |
| Eau dans le sol                | 0.07                                           | <0.01      | 1 an                  |
| Eau dans<br>l'atmosphère       | 0.013                                          | <0.001     | 8 jours               |
| Rivières                       | 0.0017                                         | 0.0001     | 16 jours              |
| Eau dans la                    | 0.001                                          | 0.0001     | Quelques heures       |

|                        |              |            |  |
|------------------------|--------------|------------|--|
| <b>matière vivante</b> |              |            |  |
| <b>Total</b>           | <b>1 391</b> | <b>100</b> |  |

Source : Alain Maurel, 2006, « Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres et d'autres procédés non conventionnels d'approvisionnement en eau douce », 2ème édition

Ainsi, s'opposent deux types de réservoirs : ceux qui font office de conducteurs (cours d'eau et atmosphère), et ceux qui jouent le rôle d'accumulations (glaciers, nappes et océans). **[12]**

### **I.7.Sources d'eau**

L'homme à recours généralement, pour satisfaire ses propres besoins en eau et permettre son usage dans ses diverses activités industrielles et agricoles, à trois types de ressources naturelles :

- Les eaux souterraines,
- Les eaux de surface (rivières, fleuves et lacs),
- L'eau à l'état naturel (superficielle, souterraine ou saline) n'est jamais « pure » ; c'est un milieu vivant qui se charge de très divers éléments en contact des milieux qu'elle traverse et sur lesquels elle ruisselle. **[6]** Les eaux salines (eaux de mer et saumâtres).

#### **I.7.1.Eaux souterraines**

Les eaux, qui ne se sont ni évaporées ni retournées à la mer par ruissellement, s'infiltrant dans le sol et le sous-sol et s'y accumulent pour constituer les eaux souterraines. **[6]**

#### **I.7.2.les nappes**

##### **I.7.2.1.Définitions**

« L'aquifère », ou encore la nappe d'eau souterraine est un gisement d'eau souterraine utilisable comme source d'eau. **[13]**

Une nappe est constituée par l'ensemble de l'eau qui occupe les interstices de roches poreuses dans un domaine défini par son épaisseur et son étendue.**[14]**

### **I.7.2.2. Les différents types de nappes**

#### **a. Nappe libre**

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

#### **b. Nappe captive**

Lorsque la couche perméable est emprisonnée entre deux couches imperméables, la nappe ne peut se développer vers le haut et est alors appelée nappe captive. [15]

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

- Les nappes phréatiques sont celles qui reposent sur la première couche imperméable proche du niveau du sol, sont toujours libres et souvent

Les nappes profondes dites subordonnées reposent sur une couche perméable plus profonde et peuvent être libres ou captives. [16]

### **I.7.2.3. la plus grande nappe phréatique du monde**

Nappe de l'Albien se trouve en grande partie dans le Sahara algérien, elle est la plus grande réserve d'eau douce au monde. Elle contient plus de 50 000 milliards de mètres cubes d'eau douce, l'équivalent de 50 000 fois le barrage de Béni Haroun qui se trouve à l'est du pays et qui alimente six wilayas limitrophes. [16]

### **I.7.3. Eau de surface**

Les eaux de surface sont des eaux qui circulent ou qui sont stockées à la surface des continents. Elles ont pour origine, soit des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit les eaux de ruissellement. [16]

### **I.7.4. Eau saline**

Une *eau saline* est constituée d'eaux naturelles qui contiennent une quantité notable de sels, dont la nature n'est ni ferrugineuse (eau ferrugineuse) ni sulfureuse. L'eau saline comprend les eaux dures, l'eau salée, l'eau alcaline... et l'eau continentale qui contient une forte concentration en sels. Ainsi, une eau est dite saline lorsque l'eau salée possède une teneur en matières dissoutes proche de celle de l'eau de mer. Par convention, on y classe

toute eau salée à concentration comprise entre 10 000 et 100 000 ppm, donc intermédiaire entre l'eau saumâtre et l'eau sur salée. [17]

### I.7.6 .Eau de mer

Elle constitue la majeure partie des réserves d'eau du globe .Elle est caractérisée par sa forte salinité.

La prise d'eau de mer doit permettre d'obtenir à l'entrée de l'usine de dessalement une eau de la meilleure qualité possible. [18]

## I.7.Principales différences entre eaux Superficielles et eaux profondes

**Tableau I.3 : différence entre eaux souterraines et eaux profondes**

| Température           | Varie en fonction des saisons                                                                             | Relativement constante                                                     |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Caractéristiques      | Eau de surface                                                                                            | Eau souterraine                                                            |
| Turbidité             | Niveau variable parfois élevé                                                                             | Faible ou nulle                                                            |
| Couleur               | Principalement dû aux sols en suspension (argile, algue, ...) excepté pour les eaux acides et très douces | Principalement dû aux solides dissous                                      |
| Contenu minéral       | Varie avec le sol, les effluents, les pluies, ...                                                         | Généralement plus important que pour l'eau de surface pour un même endroit |
| Fer et Mn en solution | Généralement pas sauf pour au fond des lacs et dans le processus d'eutrophisation                         | Présent                                                                    |
| Co2 agressif          | Pas présent                                                                                               | Souvent présent en grande quantité                                         |
| O2 dissout            | Souvent proche du niveau de saturation.<br>Absent dans les eaux très polluées                             | Généralement peu présent                                                   |
| H2S                   | Pas présent                                                                                               | Souvent présent                                                            |

|                                                |                                                                                                                  |                                                                                |
|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>                   | Seulement dans des eaux polluées                                                                                 | Souvent présent sans forcément une pollution bactériologique                   |
| Nitrates                                       | Niveau généralement faible                                                                                       | Niveau parfois important                                                       |
| Silice                                         | Généralement en proportion modérée                                                                               | Niveau souvent important                                                       |
| Micropolluants d'origine organique et minérale | Présent dans l'eau des pays développés mais est susceptible de disparaître rapidement une fois la source éliminé | Normalement pas mais une pollution accidentelle a des effets à très long terme |
| Organismes vivants                             | Bactéries, virus, plancton (animal ou végéta                                                                     | Des bactéries du fer sont fréquemment trouvées                                 |
| Solvants chlorés                               | Rarement présent                                                                                                 | Souvent présent                                                                |

Source : KETTAB A, 1992. « Traitement des eaux : Les eaux potables ». Edition : Office des Publications Universitaires. Alger. [19]

## I.8. Les type d'eau

### I.8.1 L'eau brute

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

- \_ Qualité Bonne, Traitement Physique simple et désinfection.
- Qualité Moyenne, Traitement normal physique ,chimique et désinfection.

### I.8.2.L'eau traitée

### I.8.3. L'eau potable

Une eau potable est une eau qui est apte à être utilisée par l'être humain. C'est-à-dire qu'elle peut être consommée ou utilisée par l'homme sans détériorer ou avoir des effets néfastes sur sa santé (immédiatement ou après un temps de latence). L'eau de boisson ne fournit habituellement qu'une faible quantité des nitrates ingérés (2% à 25%) si elle répond aux recommandations des normes. L'eau potable peut provenir des nappes souterraines



atteintes directement par les puits ou les forages ou encore cueillis au niveau des sources, elle peut être aussi une eau de surface traitée. [20]

La définition d'une eau potable repose sur des normes établies par une réglementation.

Cette dernière d'une communauté ou d'un pays à l'autre et est évolutive.[21]

### **I.9.Critères de l'eau potable**

Les critères de pureté d'une eau potable sont comme suit : .L'eau pure possède un certain nombre de propriété rigoureusement invariable des critères de pureté. . La température de vaporisation et de congélation constante pendant l'ébullition et la solidification (respectivement 100 et 0° C à pression atmosphérique normale). Une masse volumique toujours égale à 1g /cm<sup>3</sup> à 4° C et la distillation de l'eau pure redonne de l'eau absolument identique.

. Une eau potable peut être consommée sans danger pour la santé. Derrière cette simple phase cachent plusieurs dizaines de critère à respecter.

- ✓ .Des critères physico-chimiques (PH, turbidité, odeur, couleur).
- ✓ .Des critères de toxicité chimique doivent être absent (quelque vingt-quatre substance chimique comme métaux, hydrocarbures, pesticides).
- ✓ .Des critères de pureté microbiologique ; mais aussi des qualités organoleptiques ; En effet pour avoir un gout agréable, L'eau doit contenir de 0 ,1 à 0,5 g de corps minéraux dissout par litre. Notons que la qualité n'est pas un critère, mais une eau permutée est non potable car elle contient trop d'ion Na<sup>+</sup>. [22]

### **I.10. Définition d'une norme**

Une norme est un critère de référence établi conformément à une réglementation ou une référence minimale, moyenne ou supérieur. Elle permet de comparer une situation par rapport à une valeur seuil et de définir des conditions acceptables par rapport à celle qui ne le serait pas. [23]

**Tableau I.4 : Normes d'eau potable selon l'Algérienne et selon l'OMS (source ADE)**

| Paramètres        | Puits  | Dessalée | Unité | Normes Algérienne | Normes l'OMS |
|-------------------|--------|----------|-------|-------------------|--------------|
| PH                | 8,23   | 9,04     | /     | 6,5-8,5           | 6,5-9,2      |
| Température       | 19,2   | 19,9     | C°    | 25                | -            |
| Conductivité      | 1521   | 487      | µs/Cm | 2800              | -            |
| Turbidité         | 2,23   | 0 ,43    | NTU   | 5                 | 5            |
| Dureté total(TH)  | 336    | 60       | mg /L | 500               | 500          |
| Calcium           | 100,2  | 20,84    | mg /L | 200               | -            |
| Magnésium         | 20 ,89 | 1,94     | mg /L | 150               | 150          |
| Sodium            | 280    | 108      | mg /L | 200               | -            |
| Potassium         | 3,3    | 5,1      | mg /L | 20                | -            |
| Sulfate           | /      | /        | mg /L | 400               | 250          |
| Chlorure          | 34     | 16       | mg /L | 500               | 50           |
| Nitrate           | 78,1   | 1,15     | mg /L | 50                | 50           |
| Nitrite           | 0,1    | 00       | mg /L | 0,1               | 0,1          |
| Aluminium         | 0,02   | /        | mg /L | 0,2               | 0,2          |
| Matière organique | 1,4    | 0,3      | mg /L | 3                 | -            |
| Métaux lourds     | /      | /        | mg /L | 0,3               | -            |
| Fer               | 0,042  | 0,045    | mg /L | 0,3               | 0,3          |
| Manganèse         | 0,074  | 0,003    | mg /L | 0,5               | 0,1          |
| Phosphate         | 0,01   | 00       | mg /L | 0,5               | 0,5          |
| Ammonium          | 0,01   | 0,01     | mg /L | 0 ,5              | -            |

### I.11. Analyse de l'eau potable

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

#### I.11.1. Paramètre organoleptique

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

**I.11.1.1.Couleur**

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité [24].

**I.11.1.2.Odeur**

Toute odeur est un signe de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition. [25]

**L'odeur peut être définie comme :**

- L'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles.
- La qualité de cette sensation particulière provoquée par chacune de ces substances. [25]

**I.11.1.3.Gout et saveur**

- Le gout peut être comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque la boisson est dans la bouche.
- La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs. [25]

**I.11. 2.Paramètres physico-chimiques****I.11.2.1.Température**

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle –ci joue un rôle important dans la solubilité de sels et surtout des gaz, la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique.

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

- Situation géographique, la saison
- La profondeur (la température des profondeurs est généralement plus faible qu'en Surface)
- La couleur de l'eau (une eau sombre absorbe plus fortement la chaleur)

Le volume de l'eau (plus le volume est élevé moins importantes sont les fluctuations de température). [26]

### I.11.2.2. Potentiel d'hydrogène (pH)

Ce paramètre est en relation avec la concentration en ions hydrogène  $H^+$  dans l'eau .[27] Plus simplement, il mesure l'acidité ou l'alcalinité d'une eau. Les eaux naturelles sont des solutions ionisées, elle peut être acides, basiques ou neutres, leur pH est liée à la nature des traversés et varie généralement entre 7,2 – 7,6. [28]

**Tableau I.5 : Classification des eaux d'après leur Ph**

|                       |                                                                                            |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ph&lt;5</b>        | <b>Acidité forte présence d'acides minéraux<br/>Ou organique dans les eaux naturelles.</b> |
| <b>Ph=7</b>           | Ph neutre                                                                                  |
| <b>7&lt;ph&lt;8</b>   | Neutralité approche majorité des eaux de surface.                                          |
| <b>5,5&lt;ph&lt;8</b> | Majorité des eaux souterraines.                                                            |
| <b>Ph=8</b>           | Alcalinité forte évaporation intense                                                       |

### I.11.2.3. Conductivité électrique

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. Ce paramètre doit impérativement être mesuré sur le terrain. L'unité de mesure de

la conductivité est siemens/cm (S/cm):  $1S /m = 10^4 \mu S/cm = 10^3 S/m$ . La minéralisation de l'eau (teneur globale en espèces minérales) peut entraîner selon les cas, un goût salé (variable

Selon la nature des sels présents), une concentration de la corrosion, et les dépôts dans les tuyauteries (entartrage).[29]

**Tableau I.6 : Classification des eaux selon la conductivité[30]**

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

**I.11.2.4.Turbidité**

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

**[31]** .C'est le premier paramètre perçu par le consommateur. **[32]**

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

D'autres unités comparables sont employées, l'unité céphalométrique de turbidité. **[33]**

La turbidité élevée de l'eau révèle la précipitation de fer, aluminium ou manganèse due à une oxydation dans le réseau. **[34]**

**Tableaux I.7 : Classes de turbidité usuelles (NTU, néphélométricturbidityunit). [33]**

|          |                        |
|----------|------------------------|
| NUT<5    | Eau claire             |
| 5<NUT<30 | Eau légèrement trouble |
| NTU>50   | Eau trouble            |

**I.11.2.5. Résidu Sec (RS)**

Le résidu sec donne une information sur la teneur en substances dissoutes et en suspension non volatiles (le taux des éléments minéraux), obtenues après une évaporation d'eau. [35]

Une eau dont la teneur en résidu sec est extrêmement faible peut être inacceptable à la consommation en raison de son goût. Selon les quantités recueillies, elles sont classifiées comme suit:

**Plus de 1 500 mg/L** : eau riche en sels minéraux ;

- **entre 500 et 1 500 mg/L** : eau moyennement minéralisée ;

- **entre 50 et 500 mg/L** : eau faiblement minéralisée ;

- **résidu sec < 50 mg/L** : eau très faiblement minéralisée.

**I.11.2.6. Matières organique dissoutes**

Dans les eaux naturelles, elles représentent plusieurs familles de composés parmi lesquelles on peut citer les acides humiques, les acides carboxyliques et les acides hydrates de carbone.

Elles sont caractérisables globalement par l'oxydabilité au permanganate ou le carbone organique total. [36]

On distingue deux origines de ces matières : les matières organiques acides d'origines animales et les matières organiques basiques d'origines végétales.

Elles constituent une source nutritive essentielle pour la prolifération bactérienne. Ces matières réagissent avec le chlore et affectent le goût et l'odeur. [33]

**I.11 .2.7. Salinité**

C'est la masse de sels (composés ioniques) dissous dans 1L d'eau. Elle s'exprime en g par Kg d'eau. Un composé ionique ou solide ionique cristallin est constitué de cations (ions chargés positivement) et d'anion (ion chargés négativement) régulièrement disposés dans l'espace. Globalement, un cristal ionique est électriquement neutre. Chaque solide ionique cristallin possède une formule statistique qui indique la nature et la proportion des ions présents sans en mentionner. [37]

**I.11.3. Qualité chimique****I.11.3.1. Dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH)**

La dureté ou le titre hydrotimétrique (TH) correspond à la somme des concentrations en

Cations  $\text{Ca}^{++}$  et  $\text{Mg}^{++}$  à l'exception des alcalins. Une eau est dite douce, lorsqu'elle est pauvre en ces cations et elle est dite dure lorsqu'elle en est riche [38]. L'unité du titre hydrométrique est le milliéquivalent par litre (ou le degré français °F). [39]

Le TH peut se subdiviser en (titre  $\text{TCa}^{++}$  calcique) et (titre  $\text{TMg}^{++}$  magnésien) :

$$\text{TCa}^{++} + \text{TMg}^{++} = \text{TH} \quad [40]$$

#### I.11.3.2 Titre Alcalimétrique (TA)

La teneur en hydroxyde «  $\text{OH}^-$  », est la moitié de la teneur en carbonate  $\text{CO}_3^{2-}$  et un tiers environ des phosphates présents. [41]

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

#### I.11.3.3 .Titre Alcalimétrique complet (TAC)

Il correspond à la teneur en ions  $\text{OH}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  et  $\text{HCO}_3^-$  pour des pH inférieurs, à 8,3 la teneur en ions  $\text{OH}^-$  et  $\text{CO}_3^{2-}$  est négligeable ( $\text{TA}=0$ ), dans ce cas la mesure de TAC correspondant au dosage des bicarbonates seuls. [41]

Le titre alcalimétrique complet ou TAC correspond à la teneur de l'eau en alcalins libres, carbonates et hydrogénocarbonates. [42]

#### I.11.4. Sels Minéraux Dissous

##### I.11.4.1.Cations

##### I.11.4.1.1. Ions calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ )

Le calcium est un métal alcalin-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Il est généralement l'élément dominant

des eaux potables. Sa présence en grande quantité peut être due à la dissolution du gypse.

Le calcium

est le composant majeur de la dureté de l'eau. Cependant, une eau chargée en sels de calcium est dite

« dure » et une eau pauvre en cet élément est dite « douce ». [43]

##### I.11.4.1.2. Ions de sodium ( $\text{Na}^+$ )

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

1. Naturelle (mer, terrain salé ...).
2. Humaine (10 à 15 g Na Cl dans les urines /jour).

3. Industrielle (potasse, industrie pétrolière).

Les eaux très riches en sodium deviennent saumâtres, prennent un goût désagréable et ne peuvent pas être consommées. [25]

#### **I.11.4.1.3. Magnésium ( $Mg^{2+}$ )**

Le magnésium est plus abondant après le calcium par rapport au sodium et au potassium. Le Magnésium peut avoir deux gains : Les calcaires dolomitiques qui libèrent le magnésium par dissolution, en présence du gaz carbonique. La dissolution du  $MgSO_4$  des terrains gypseux du Trias situés au Sud. [44]

#### **I.11.4.1.4. Ions de Potassium ( $K^+$ )**

Le potassium règle la teneur en eau à l'intérieur des cellules. [45]

Il est un métal alcalin, étroitement rattaché au sodium à tel point, qu'il est rarement analysé comme un constituant à part dans les analyses de l'eau. Sa présence est moins répandue dans la nature. [46]

#### **I.11.4.1.5. Ions de Manganèse [ $Mn^{++}$ ]**

C'est un métal qui peut provoquer une coloration et il est à l'origine de dépôts dans les réseaux. Par ailleurs il affecte les paramètres organoleptiques de l'eau comme d'autres métaux cuivre, aluminium, zinc. Dans les eaux de surface, le manganèse se trouve en général à l'état oxydé et précipité ; il est donc éliminé par traitements classiques de clarification. [6]

#### **I.11.4.1.6. Ion de Fer ( $Fe^{+}$ )**

Le fer se classe en 4<sup>ème</sup> rang des éléments de la croûte terrestre. Ce métal à l'état ferreux est assez soluble dans l'eau. Les besoins pour l'organisme humain se situent entre 2 et 3 mg/j mais 60 à 70% seulement de la quantité intégrée sont métabolisés. [47]

#### **I.11.4.1.7. Ions Ammonium**

Dans l'eau, l'azote réduit soluble se retrouve sous deux formes ; l'ion ammonium ( $NH_4^+$ ) et la seconde non dissociée communément appelée ammoniaque ( $NH_3$ ). [37]

En ce qui concerne la toxicité de l'ammoniaque, il est reconnu que ce n'est pas la forme ammoniaque ionisée qui est toxique, mais celle non ionisée dont la proportion dépend du pH et de la température. [47]



**I.11.4.2. Anions****I.11.4.2.1. Ions Carbonates et Bicarbonates**

L'ion Bicarbonates est le principal constituant alcalin de la plupart des eaux courantes. Sa présence dans l'eau est due à l'action des bactéries qui fournissent du CO<sub>2</sub> à partir des minéraux contenant des carbonates.[47]

**I.11.4.2.2. Ions sulfate (  $\text{SO}_4^{2-}$  )**

Le sulfate qui se dissout dans l'eau provient de certains minéraux en particulier du gypse, ou apparait à partir de l'oxydation de minéraux sulfureux. La limite supérieure admise dans l'eau potable est 250 mg /.L. [48]

**I.11.4.2.3. Nitrites**

Les nitrites constituent une étape importante dans la métabolisation des composés azotés, ils s'insèrent dans le cycle de l'azote entre l'ammoniaque et le nitrate, ils proviennent soit d'une Oxydation incomplète de l'ammoniaque, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une bactérie dénitrifiant. Leur présence dans l'eau est généralement rare et en faible quantités. [49]

**I.11.4.2.4. Nitrates (  $\text{NO}_3^-$  )**

Les nitrates constituent le stade final d'oxydation de l'azote organique, ils sont solubles dans l'eau , se trouve naturellement en faible concentration dans les eaux souterraines et superficielles.

Le nitrate présent dans le sol à diverses origines ; telles que les déjections animales ou humaines

Stockées, ou les apports d'amendement organique. Mais, ce sont surtout les engrais et les rejets

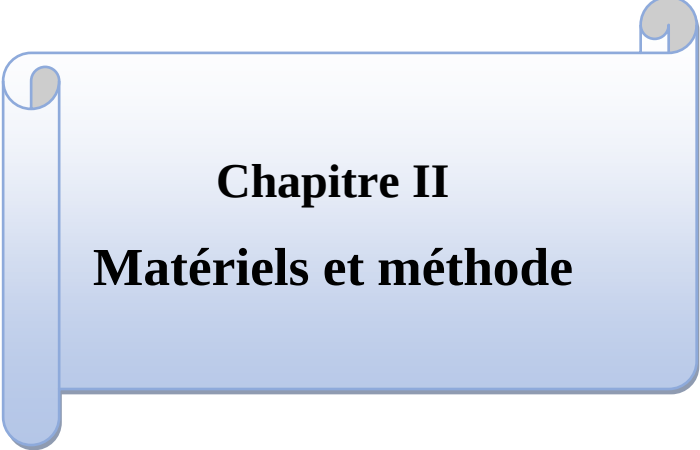
d'eau usée qui donne des doses importantes. [49]

**I.11.4.2.5. Chlorures**

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations Variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (Na Cl) et de Potassium (KCl). Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution. Ils ont une influence Sur la faune et la flore aquatique ainsi que sur la croissance des végétaux. [50]

**I.11.4.2.6. Phosphates ( $\text{PO}_4^{-3}$ )**

Des teneurs élevées en phosphates signalent une infiltration d'eau de surface ou une contamination Par des engrais. L'eau de source et les eaux souterraines qui ne sont pas influencées par des Contaminations anthropogènes montrent des teneurs en phosphates inférieurs à 0.01 mg/L. [51]



## **Chapitre II**

### **Matériels et méthode**

## II.1.Introduction

L'objectif de cette étude est la caractérisation des eaux des sources situées dans la région de Mostaganem» en le comparant à (l'eau souterraine potable issue d'un puits de bouguirat et une eau dessalée). Pour ce faire nous avons procédé à une série d'analyses concernant les Paramètres physico-chimiques, au niveau du laboratoire d'analyses affilié à l'Algérienne Des Eaux « ADE » de wilaya de Mostaganem.



**Figure II.1 :** la Station de dessalement **FigureII. 2 :** Présentele puits

## II.2. Unité de dessalement de l'eau de mer de Mostaganem

Notre projet est d'étudier le fonctionnementd'une unité de dessalement de l'eau de mer située à Mostaganem, ainsi quel procès de l'osmose inverse.

### II.2 .1. Présentation de la Station de dessalement de Mostaganem

L'usine de dessalement de Mostaganem, sise à Plage de Cheliff au l'est de la ville Mostaganem à environ 8km, a une capacité de production d'eau potable de 200.000 m<sup>3</sup>/jour. L'unité de dessalement de Mostaganem a été créé pour éliminer la déficience en matière d'alimentation en eau potable de la wilaya de Mostaganem. La station fonctionne selon le procédé de traitement d'Osmose Inverse. Elle est conçue pour :

a- Fournir un maximum de 200.000m<sup>3</sup>/jour d'eau potable satisfaisant les exigences de qualité garanties pour une eau de mer.

b- Avoir une consommation spécifique d'énergie électrique inférieure à la consommation spécifique d'énergie électrique garantie ( $3,40\text{kWh/m}^3$ ) dans les périodes pendant lesquelles l'usine travaille à 100 %. [52]

### II.2.3. Description et fonctionnement de l'unité

Le procédé de traitement d'eau de cette station consiste à :

- Un système de captage et pompage d'eau de mer.
- Un système de prétraitement de l'eau de mer par filtration et microfiltration.
- Un système de déminéralisation de l'eau micro-filtré par osmose inverse.
- Un système de ré-minéralisation et conditionnement de l'eau déminéralisée.
- Un système de pompage de l'eau reminéralisée (Eau commercialisable) vers le réseau de distribution (Réseau de Transport d'Eau Externe).
- Un système d'évacuation de saumure et sous –produits.

#### II.2.3.1. Captage et pompage de l'eau de mer

Le système de captage a pour but d'impulser vers le prétraitement de l'eau de mer en quantité et à la pression nécessaire pour produire la quantité d'eau potable désirée. [52]

Le système de captage comprend les sous-systèmes suivants:

- Tours et tuyauteries de prise.
- Sous-système anti-méduses.
- Sous-système d'amorçage des pompes d'eau de mer.
- Sous-système de pompage d'eau de mer.

##### II.2.3.1.1. Tours de captage et tuyauterie de captage

Le captage de l'eau de mer se fait à travers deux tours de prise connectées au réservoir de pompage d'eau de mer par deux tuyauteries en polyéthylène d'haute densité de 1800 mm de diamètre où l'eau doit circuler à une vitesse d'environ 1 m/s.

Les tours de prise sont submergées à une distance de la côte d'environ 2 500 mètre et 16,5 mètres de profondeur.

L'eau de mer passe à l'intérieur de chaque tour de prise à travers quatre grilles installées pour éviter le passage de poissons, méduses, cailloux et des autres éléments de grande taille pouvant nuire le procédé de traitement. [52]

### II.2.3.1.2. Système anti-méduses

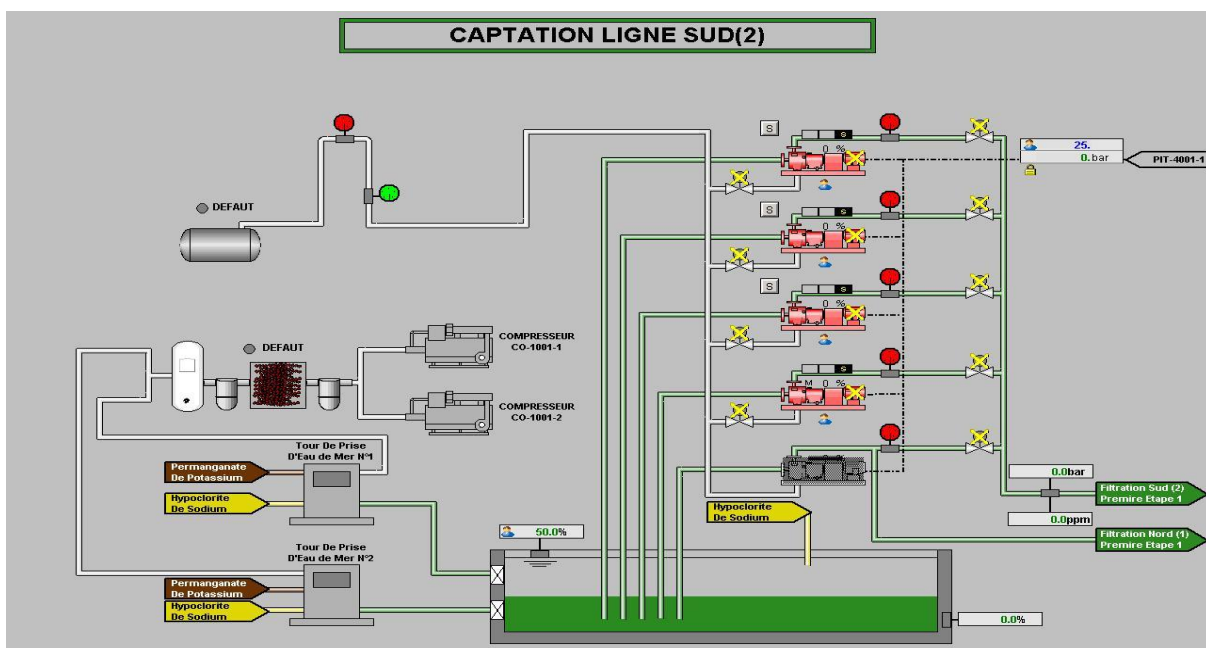
Une des raisons pour la quelle le niveau dans le réservoir de captage d'eau de mer peut être éventuellement trop bas est l'obturation des grilles des tours de captage occasionnée par des méduses, algues et/ou poissons. Le système anti-méduses a été conçu pour générer un rideau d'air au tour des grilles que fasse flotter ces animaux et(ou) éléments vers la surface. [52]

### II.2.3.1.3. Système d'amorçage des pompes de l'eau de mer

L'aspiration des pompes d'eau de mer sera normalement plus haute que le niveau d'eau du réservoir de captage. Le système d'amorçage des pompes d'eau de mer a pour objet d'extraire l'air des conduites d'aspiration des pompes d'eau de mer. [52]

### II.2.3.1.4. Système de pompage de l'eau de mer

Le système de pompage d'eau de mer a pour objet de fournir au prétraitement de l'eau de mer en quantité et à la pression nécessaire pour produire la quantité d'eau potable désirée. [52]



FigureII.3 : Description du procédé de captage

### II.2.3.2. Système de prétraitement

L'objet du système de prétraitement est conditionné par l'eau de mer du point de vue physique, biologique et chimique pour protéger et maximiser la performance du système d'osmose inverse.

Le système de prétraitement comprend les sous-systèmes suivants:

- Sous-système de conditionnement chimique.
- Sous-système de filtration.
- Sous-système de microfiltration. [52]

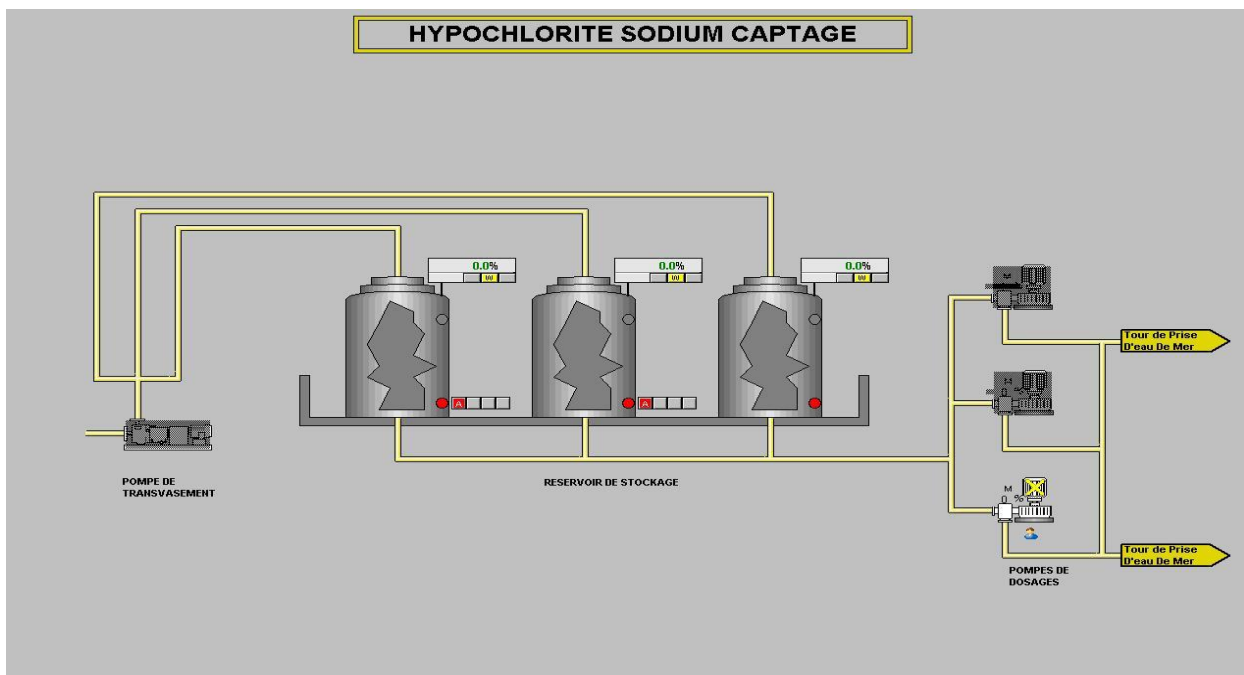
#### II.2.3.2.1. Conditionnement chimique

Le conditionnement de l'eau est réussi par l'ajout des réactifs suivants:

- **Dosage d'Hypochlorite de sodium :** Il s'agit d'un système de dosage pour la désinfection de l'eau de mer.
- **Dosage de permanganate de potassium :** Il s'agit d'un système de dosage pour l'oxydation et la désinfection de l'eau de mer. Normalement l'emploi d'hypochlorite est plus efficace, mais il y a quelques macro-incrustations pouvant apparaître dans les tours de captage et/ou les tuyauteries de prise, comme quelque types de murels, que dans certaines étapes de développement peuvent éventuellement développer une résistance à l'attaque de l'hypochlorite de sodium. Dans ce cas le permanganate peut s'avérer plus efficace.
- **Dosage d'acide sulfurique :** L'efficacité du processus de coagulation-floculation décrit ci-dessous est normalement plus élevée pour des valeurs de pH basses. La fonction du système de dosage d'acide sulfurique est de réduire le pH de l'eau de mer pour optimiser le rendement de ce processus.
- **Dosage de coagulant (chlorure ferrique) :** Il s'agit d'un système de dosage qui vise la coagulation de l'eau brute préalablement à l'étape de filtration.
- **Dosage de poly électrolyte :** Il s'agit d'un système de dosage de flocculant dans l'eau brute pour améliorer la répartition du produit solide et de l'eau de dilution.

Dosage de soude caustique : L'élimination de certains ions par le système d'osmose inverse comme le bore, est plus efficace pour des valeurs de pH élevées. La fonction du système de dosage de soude caustique est d'augmenter le pH de l'eau micro filtrée

- **Dosage de méta bisulfite de sodium :** Il s'agit d'un système de dosage pour la réduction et l'élimination des résidus de chlore dans l'eau d'entrée aux membranes pour améliorer la répartition du produit solide et de l'eau de dilution.
- **Dosage de dispersant :** Il s'agit d'un système de dosage pour inhiber le tartre dans le procès d'osmose inverse qui s'applique à l'eau d'entrée aux membranes pour améliorer la répartition du produit solide et de l'eau de dilution.[52]



**Figure II.4:** Hypochlorite de sodium captage

#### II.2.3.2.2. Système de Filtration

La fonction du système de filtration est éliminer les flocons formés par les systèmes de coagulation-floculation et les particules en suspension de l'eau de mer pour protéger et améliorer la performance du système d'osmose inverse.

L'usine est équipée avec deux étapes de filtration, une première étape avec des filtres mixtes à sable - anthracite et une seconde étape avec des filtres à sable. [52]

##### II.2.3.2.2.1. Filtration de première étape

L'usine est équipée avec deux lignes de filtration de première étape avec douze (12) filtres horizontaux à presse chacune.



Ils sont construits en acier au carbone recouvert à l'intérieur de caoutchouc naturel de 3 mm d'épaisseur. Le nettoyage des filtres se fasse avec de l'air et de la saumure provenant du procès d'osmose

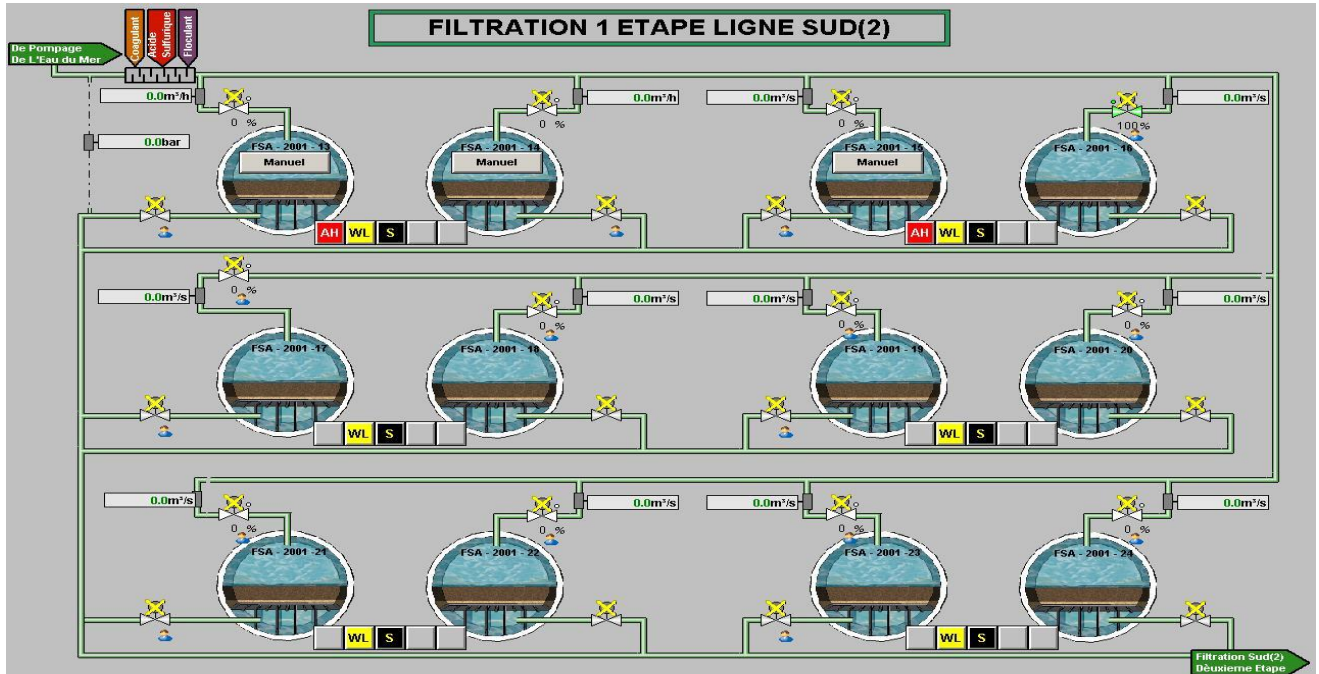


Figure II.5 : Filtration 1<sup>ère</sup> étape

#### II.2.3.2.2. Filtration de deuxième étape

Ils existent deux batteries munies de huit (8) filtres à presse horizontal chacun. Chaque filtre a une surface filtrante moyenne de  $90,04 \text{ m}^2$  et leurs dimensions et caractéristiques sont les mêmes que celles des filtres à sable de la première étape. Le sable se compose par des grains propres et libres d'argile, de poussière et des matières organiques. Il est libre de fer et de manganèse dans des quantités ou des morphologies qui risqueraient de nuire la qualité de l'eau filtrée. [52]

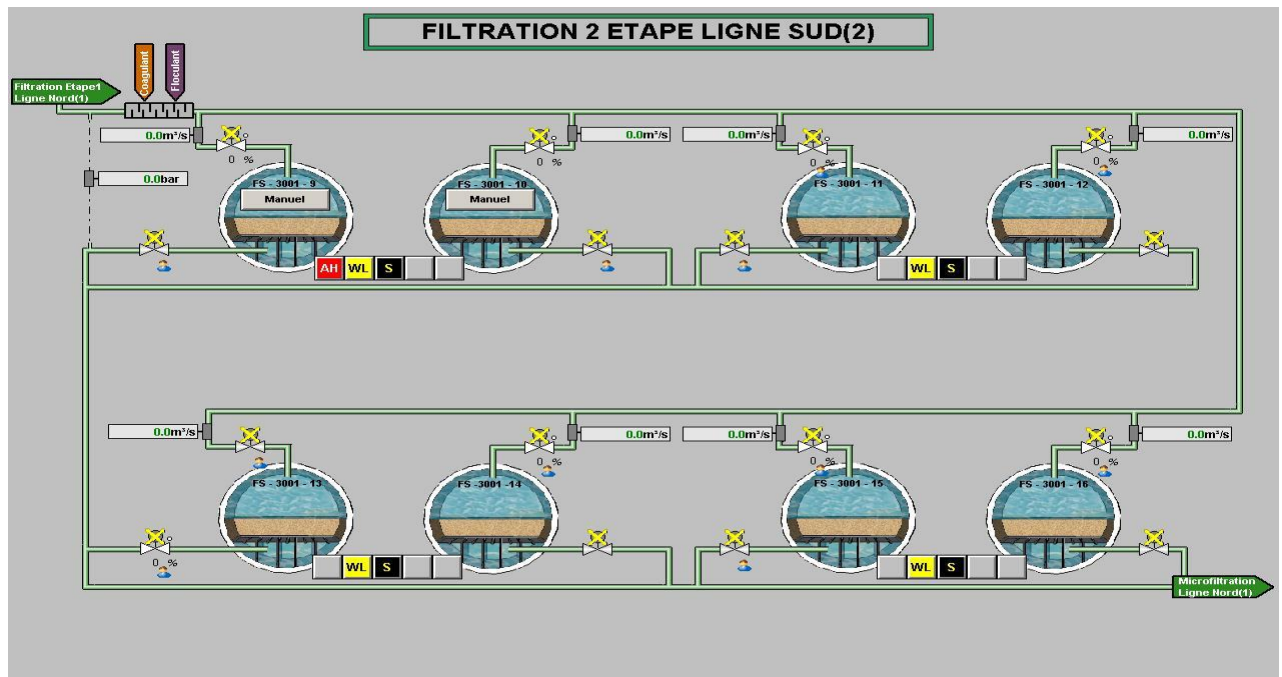
#### II.2.3.2.2.3. Système de nettoyage des filtres

La porosité de la masse filtrante des filtres sera réduite progressivement au fur et à mesure que les flocules et la matière suspendue soit déposés sur elle. Cette situation causera :

- Une augmentation des pertes de charge du système et pourtant une augmentation de la consommation électrique de l'usine.

- Une augmentation de la vitesse de l'eau de mer traversant le reste des filtres et pourtant une réduction de l'efficacité du procès de filtration

Pour cette raison les filtres doivent être lavés périodiquement. Le lavage des filtres sera fait par amélioration de la spongiosité avec air et contra-lavage de la masse filtrante avec la saumure du rejet du procès d'osmose inverse. [52]

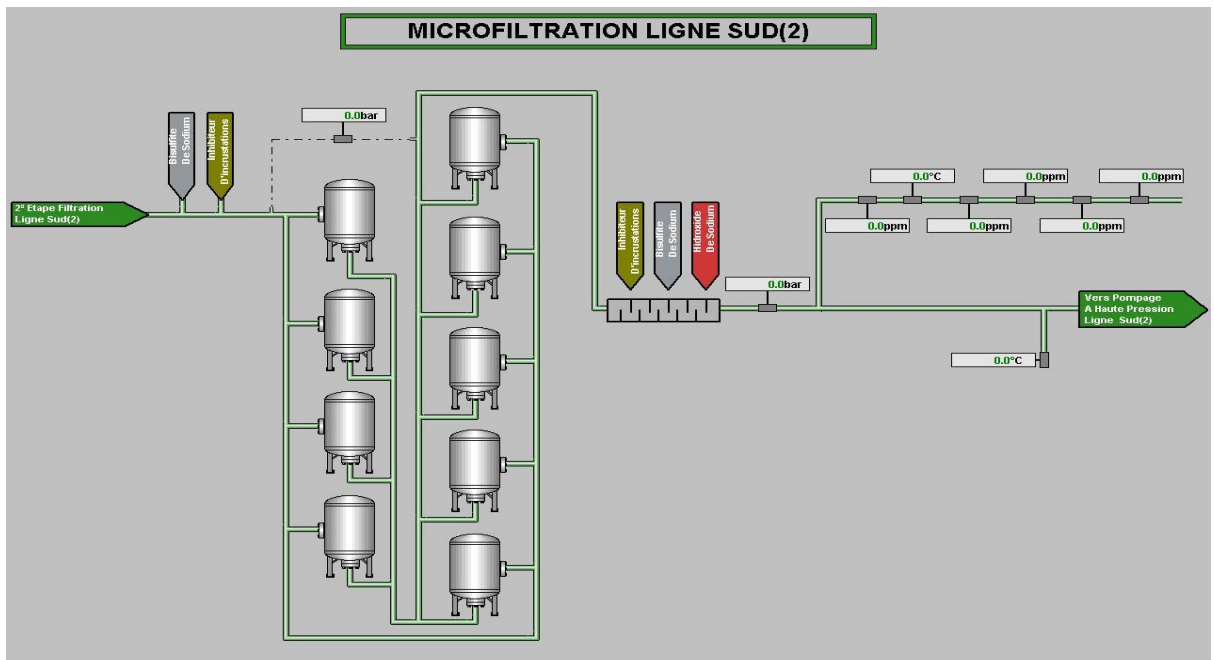


**FigureII.6 :** Filtration 2eme étape

### II.2.3.2. 3. Système de microfiltration

La fonction du système de microfiltration est protéger le système d'osmose inverse empêchant le passage des particules suspendues dans l'eau filtrée non-retenues par les filtres au système de pompage d'haute pression. La microfiltration ne permette pas passer que des particules de taille inférieure à 5 microns.

Le système de microfiltration consiste à deux lignes équipées avec neuf (9) filtres chacune. Chaque filtre est muni de 360 cartouches de 1250 mm de longueur. Ces cartouches sont fabriqués en polypropylène de 1250 mm de longueur.[15]



**FigureII.7 :microfiltration**

### II.2.3.3. Système d'osmose inverse

Le système d'osmose inverse est la cour de l'usine et sa fonction est réduire la teneur en sels de l'eau micro-filtrée. [52]

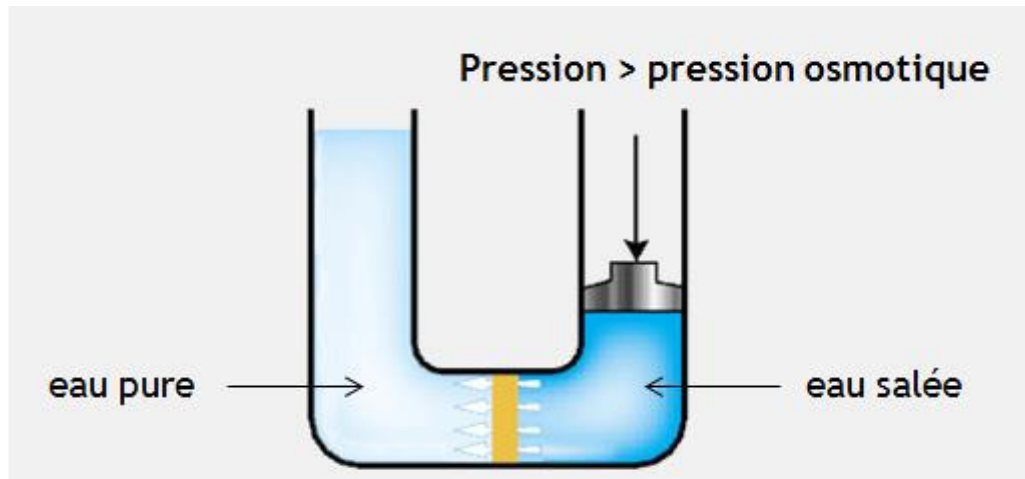
Le système d'osmose inverse est composé par les sous-systèmes suivants :

- Le système de pompage d'haute pression et récupération d'énergie
- Châssis d'osmose inverse
- Le système de nettoyage de membranes
- Le système de déplacement d'eau de mer et saumure.

## ➤ Principes de l'osmose inverse

L'osmose est le transfert de solvant à travers une membrane sous l'effet d'un gradient de concentration. Si on considère un système à deux compartiments séparés par une membrane semi-sélective et contenant deux solutions de concentrations différentes, l'osmose se traduit par un flux d'eau dirigée de la solution diluée vers la solution concentrée. Si on applique une pression sur la solution concentrée, la quantité d'eau transférée par osmose va diminuer. Avec une pression suffisamment forte, le flux d'eau va même s'annuler. Cette pression est nommée la pression osmotique  $P$  (en faisant l'hypothèse que la solution diluée est de l'eau pure). Si on

dépasse la valeur de la pression osmotique, on observe un flux d'eau dirigé en sens inverse du flux osmotique : c'est le phénomène d'osmose inverse.



**Figure II.8 : Principe d'osmose inverse**

#### **II.2.3.3.1. Système de pompage haute pression, pompes Booster et Récupérateurs d'Énergie**

La fonction du système de pompage d'haute pression est d'impulser l'eau micro-filtrée vers les châssis d'osmose inverse avec la pression nécessaire pour vaincre la pression osmotique en assurant la production du débit d'eau déminéralisée désirée. Approximativement le 65% du débit d'eau micro-filtrée requis sera impulsé vers les châssis par les pompes d'haute pression.

Le reste du débit d'eau micro-filtrée requis sera pressurisé jusqu'à atteindre la pression d'attaque aux membranes nécessaire avec les échangeurs de pression (chambres d'isobares) et des Pompes boostées. Dans les chambres isobariques l'énergie hydraulique résiduelle de la saumure est transmise à l'eau micro-filtrée. Suite, les pompes Booster augmentent la pression de l'eau de mer poussée par les ERI, jusqu'à atteindre la pression d'alimentation aux châssis requis. L'eau micro-filtrée pressurisée par les pompes d'haute pression et les pompes booster est impulsée vers un collecteur commun qui alimente toutes les châssis de membranes d'osmose inverse. [52]

#### **II.2.3.3.2. Châssis d'osmose inverse**

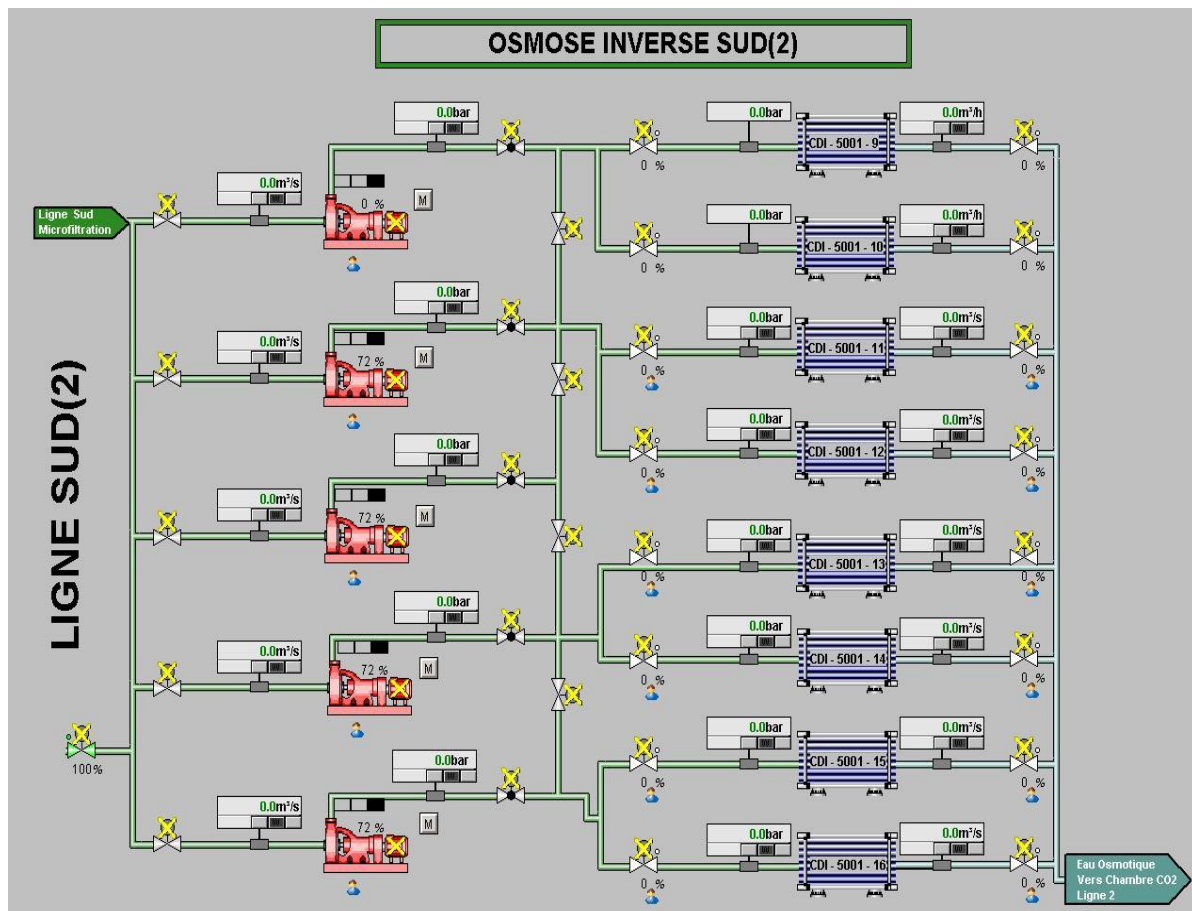
Les membranes proposées sont de surface élevée. Elles sont fabriquées en polyamide aromatique et sa configuration est spirale. [52]

### II.2.3.3.3. Nettoyage chimique

Par son usage les membranes d'osmose inverse sont obstruées lentement diminuant ainsi le débit produit par les mêmes. L'encrassement peut être dû aux matériaux colloïdaux, aux petites précipitations, etc. Dans le but de maintenir sous contrôle ces encrassements et restituer aux membranes une partie des propriétés perdues, il est nécessaire de les laver périodiquement. [52]

Le lavage doit être fait obligatoirement dans le cas où :

- L a perte de pression des membranes s'accroît de plus de 20% par rapport à la valeur initiale.
  - Le passage des sels du module dépasse 30% de la valeur initiale.
  - Le débit produit est inférieur à 15% du débit initial.
- La fréquence des nettoyages dépend de la nature de l'eau. Il est conseillable de laver les membranes une fois tous les six mois, en moyenne. La solution pour le nettoyage traverse deux filtres à cartouche jusqu'aux différents châssis d'osmose inverse.
- La sortie de l'eau depuis les châssis d'osmose inverse en provenance du rejet et du permet, est refoulée au réservoir de nettoyage chimique. Il est conseillable de rejeter 10% du volume de la solution refoulée car son taux d'encrassement peut avoir augmenté.



**FigureII.9 : Procédé d'osmose inverse**

#### II.2.3.4. Système de reminéralisations et conditionnement de l'eau osmoses :

À la fin du procès d'osmose inverse l'eau osmotique est reminéralisée pour diminuer l'agressivité de l'eau et atteindre les valeurs d'alcalinité, dureté, pH, indice de Lange lié et MTD garanties. L'eau osmotique de chaque ligne d'osmose inverse est conduite vers laré minéralisation au travers de collecteurs indépendants .chaque collecteur transporte le débit de chaque ligne de production, soit:100,000 m<sup>3</sup>/jour.

L'eau est stockée dans un réservoir de 6 m de hauteur, c.-à-d. à un cota suffisant pour permettre le passage de l'eau osmotique à travers les lits à calcite par l'effet de la gravité et atteindre ainsi, le réservoir de stockage de l'eau produit.

- Le système de ré minéralisation est constitué de deux ensembles de lits de calcite (chacun est composé par 30 cellules de 14m<sup>2</sup> de surface) et d'un procès de dosage de dioxyde de carbone.

- Dans la tuyauterie de raccordement du réservoir de l'eau osmotique avec le réservoir des couches à calcite se fait un dosage de  $\text{CO}_2$ . [51]. L'eau rentre par le bas des cellules et est distribuée au travers des faux fonds des lits de calcite.

#### **II.2.3.4.1. Dosage de dioxyde de carbone**

Le  $\text{CO}_2$  sera stocké sous forme liquide, à  $-20^\circ \text{C}$  et  $20,5 \text{ kg/cm}^2$  de pression. Il sera ensuite évaporé jusqu'à sa forme gazeuse pour être enfin, introduit par des injecteurs dans la tuyauterie de sortie de la chambre d'eau osmotique. [52]

#### **II.2.3.4.2. Lits de calcite**

Le système de ré minéralisation est équipé avec deux lignes de lits de calcite, chacune d'elles, compte avec 30 cellules de  $14 \text{ m}^2$  de surface unitaire. L'eau rentre par le bas du réservoir et elle est distribuée à travers d'un faux fond des lits. Ensuite l'eau monte depuis le bas de la couche de filtration à carbonate calcique. Dans sa montée à travers de la couche se produit le rééquilibre de sa composition chimique.

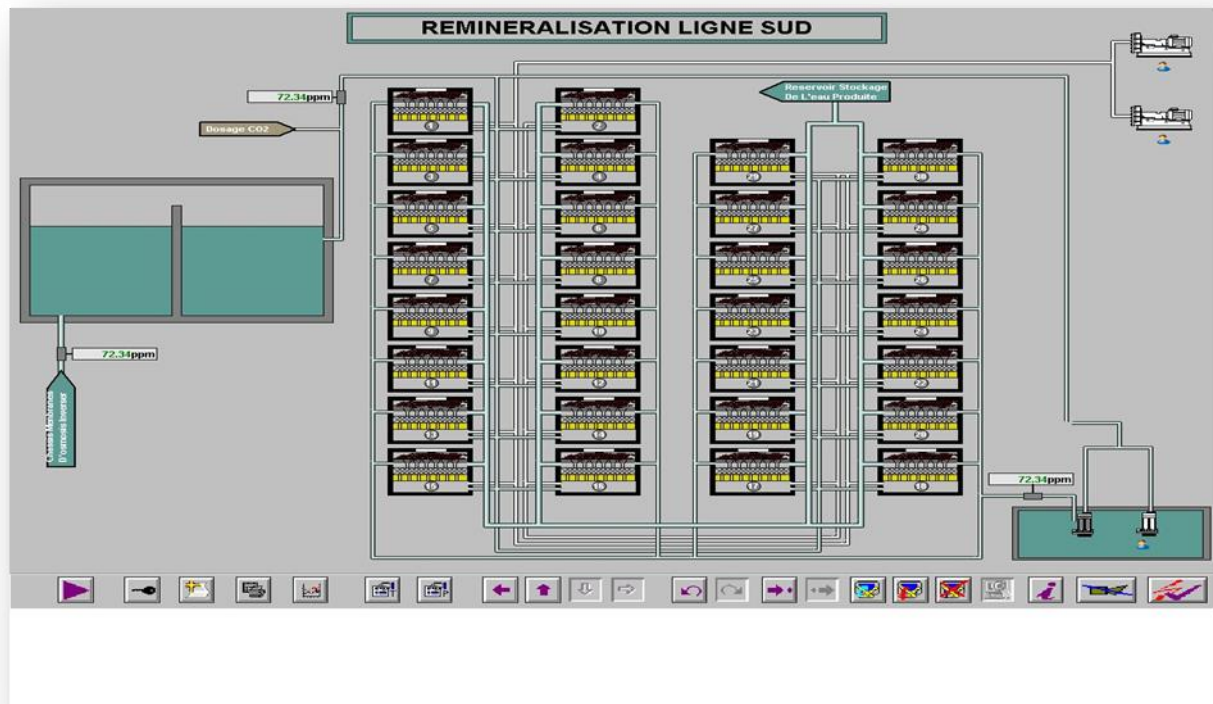
- L'anhydride carbonique dissous dans l'eau réagit avec le carbonate calcique de la couche formant le bicarbonate calcique.

L'eau minéralisée qui sort des réservoirs à travers de ses creux latérales passe directement par gravitation au réservoir de stockage. Après le procès de reminéralisation la dureté et l'alcalinité de l'eau se voient augmentées. Le résidu en  $\text{CO}_2$  en équilibre avec le  $\text{HCO}_3$  déterminera le pH de l'eau traitée.[ 2]

#### **II.2.3.4.5. Dosage de chlore résiduel**

- Un système de chloration est prévu pour administrer une dose d'hypochlorite résiduel empêchant la décontamination de l'eau commercialisable dans le réseau de transport d'eau externe. La dose maximale prévue de conception est de  $1,5 \text{ ppm}$ [52].

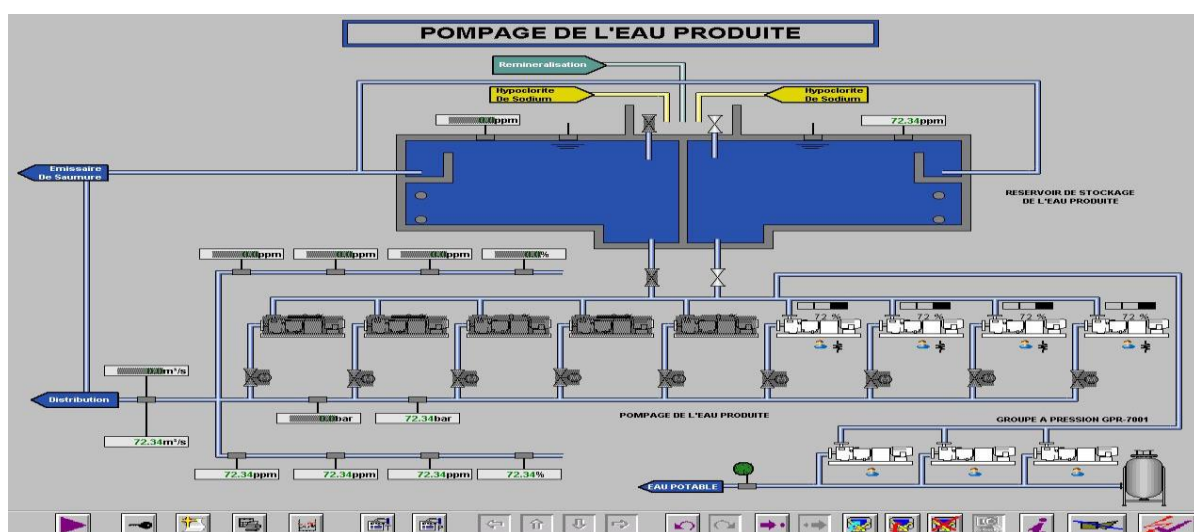




**Figure II.10 :** Système reminéralisation

### II.2.3.5. Stockage et impulsion de l'eau produit

Le système de stockage et impulsion de l'eau commercialisable a pour objet pomper l'eau produite vers le réseau de distribution a travers du Réseau de Transport d'Eau Externe géré par Algérienne Des Eaux. [52]



**FigureII.11 :**Système de pompage de l'eau produite



## II.6. Avantages et inconvénients de dessalement :

Le dessalement de l'eau de mer apporte une réponse aux besoins d'eau douce.

- **Avantages:**

-L'utilisation de l'eau de mer qui peut être actuellement considérée comme une ressource inépuisable car l'eau est une énergie renouvelable.

-Permettre de créer une eau douce alors qu'il n'y en a presque plus sur terre. [53]

- **Inconvénients :**

- Besoins énergétiques importants ;

- Rejet des saumures concentrées en mer ou injectées dans le sol ;

- Emplois de produits chimiques pour nettoyer les membranes ;

- Traces des métaux lourds échappés des installations. [54]

- Un volume d'eau produite insuffisant comparé au volume d'eau de mer prélevé.

- La dégradation de l'environnement marin due à l'extraction et au rejet d'eau avec une quantité de sels très élevés (rejet des concentrats). [55]

## II.7. Echantillonnage et prélèvement

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération à laquelle le plus grand soin

Doit être apporté. Echantillons doit être homogène, obtenu sans modifier

Les caractéristiques physico-chimiques de l'eau.

Ont été effectués 2prélèvements pour chaque source afin de réaliser les analyses

Physico-chimiques.

Les prélèvements de l'échantillon sont représentés dans le tableau suivant

**Tableau II .1 : prélèvement et analyses des échantillons durant 15 Jours**

| Sources              | Date et heure de prélèvement |
|----------------------|------------------------------|
| Puits                | Le 21/03/2021 à 8h : 10mn    |
|                      | Le 28/03/2021 à 8h : 45mn    |
| Unité de dessalement | Le 21/03/2021 à 10h : 58mn   |
|                      | Le 28/03/2021 à 11h : 30 mn  |

## II.8. Mode de prélèvement

Des bouteilles en polyéthylène téréphtalate (P.E.T) de volume 1.5 L ont été rincées 2

Fois avec l'eau de source à prélever, puis remplies et éviter la présence des bulles d'air pour cela plusieurs conditions s'imposent :

, chlore 1. Le volume de l'échantillon doit être inférieur à 1.5 litre.

2. Le mode de prélèvement varie selon le lieu.

3. Les échantillons seront recueillis dans les flacons stériles.

4. Pour l'échantillonnage direct (source). On fait tremper doucement le flacon à l'intérieur de l'eau, à environ de 30 cm de surface, en évitant le prélèvement en surface ou au fond pour ne pas risquer de ramasser de l'écume ou des sédiments.

5. Les flacons contenant les échantillons doivent être clairement et soigneusement identifiés par des étiquettes qui doivent comporter un certain nombre d'information qui sont ; origines de l'eau, adresse exacte du lieu de prélèvement (pour l'eau de réseau), date et heure du prélèvement, température de l'eau résiduel et autre remarques.

6. L'échantillon doit être conservé dans une glacière entre 4 °C à 6 °C.



**Figure II.12** : Méthode de prélèvement

## **II.9.Conservation de ces échantillons**

Pour un meilleur résultat d'analyse il faut faire une meilleure condition de conservation et de transport.

Les 02 échantillons conservés dans des glacières entre 4 à 6 °C, durée de prélèvement et transport jusqu'au laboratoire d'ADE de Mostaganem

## **II.10 .Matériels pour prélèvement**

1. Flacons stériles avec thiosulfate de sodium
2. Glacière avec blocs réfrigèrent
3. Briquet
4. Désinfectant (Alcool)
5. Registre des prélèvements

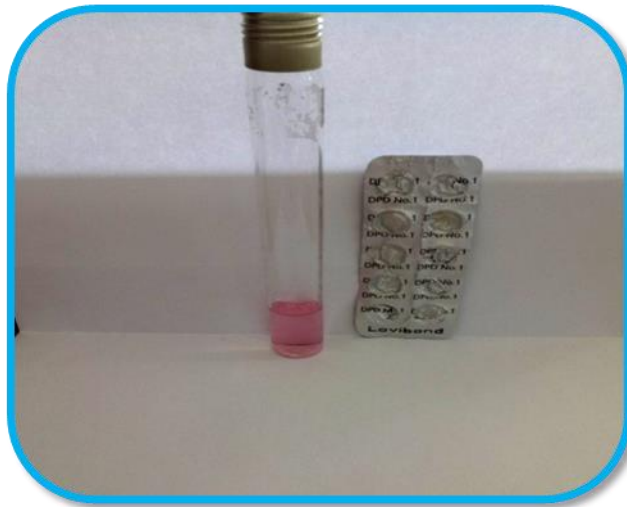
## **II.11. Mode de prélèvement**

Dans le cas des eaux de robinets (cas général au niveau de notre Laboratoire)

1. Choisir un robinet comment utilisé.
2. Démonter les éventuel accessoires mousser, Brise-jet ... présent sur le robinet, laisser couler une quantité suffisante d'eau afin d'éliminer le volume, mort non représentatif.
3. Stériliser la flamme ou à l'aide d'un désinfectant approprié.
4. Refroidir ou rincer le robinet en laissant couler un volume suffisant.
5. Remplir les flacons.
6. Placer l'échantillon dans la glacière.
7. Inscrire sur le registre de prélèvement tous les informations un cernant le prélèvement et le chlore résiduelle

### II.12. Contrôle du chlore résiduelle :

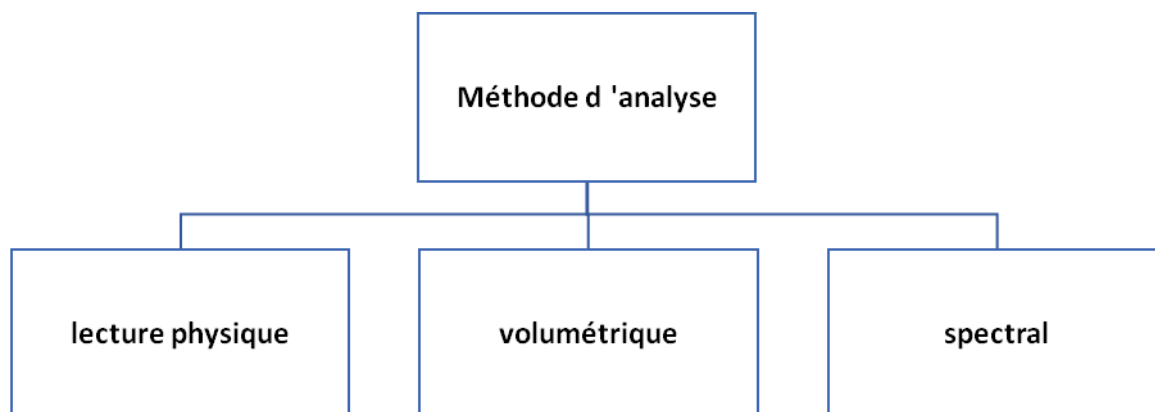
La méthode la plus facile et la plus rapide pour tester la présence du chlore résiduel est le test DPD en utilisant un comparateur colorimétrique. Une pastille de DPD est ajoutée à un échantillon d'eau en rose l'intensité de la couleur est comparée visuellement à celle d'une Échelle de couleur



FigureII.13 : Test de chlore

### II.13 .Méthodes d'analyses physico-chimiques

La caractérisation des eaux souterraines et des eaux dessalées concerne essentiellement l'analyse des paramètres de base (pH, température, conductivité), des ions majeurs et éventuellement, des éléments sous forme de traces. La conductivité, la température et pH permettent de définir les caractéristiques Fondamentales de l'eau.



**Figure II.14 :** Schéma des méthodes d'analyse physico- chimique

### **II.13. 1 .Lecture physique ou paramètres de table**

Pour les paramètres physico-chimiques, on utilise les différents appareils utilisés comme le multi paramètre, Turbidimètre... etc., pour analyser l'échantillon. On met notre échantillon dans l'un de ces appareils, généralement on attend quelques secondes pour avoir le résultat qui s'affiche sur l'écran.

#### **II.13. 1. 1 .PH**

##### **Objectif :**

La présente méthode d'essai a pour objet de décrire une méthode électro métrique pour la détermination du PH de l'eau.

##### **Principe :**

La détermination électro métrique du PH s'effectue par mesure de la différence de potentiel entre une électrode en verre et une électrode de référent (calomel KCL saturé) plongeant dans une même solution cette différence de potentiel une fonction linéaire du PH de la solution selon le loir Nernst le potentiel de l'électrode est lié a l'activité des ions  $H^+$  [45].

### II.13. 1 .2.Température

Il est important de connaître la température des eaux. Car elle permet de corriger les autres paramètres d'analyse.

La température doit être mesurée in situ. Pour avoir une idée globale sur l'environnement ainsi pour étalonner d'autre appareillages comme la conductimètre et le pH-mètre. Ceci consiste à plonger la sonde du thermomètre dans l'échantillon, on attend que la valeur se stabilise, et on la note. la valeur mesurée qui est donnée en °C

### II.13. 1.3. Mesure de la conductivité électrique

#### Principe

La mesure est basée sur le principe du pont de Wheatstone, en utilisant comme appareil de zéro un galvanomètre à une image cathodique.

#### ▪ Mode opératoire

1. Allumer le multimètre.
2. Prendre environ 100 ml d'eau à analyser.
3. Mettre un agitateur avec une faible agitation.
4. Tremper les électrodes dans le bécher.
5. Laisser stabiliser un moment avec une faible vitesse d'agitation.
6. Puis noter le pH, la conductivité et la température



**Figure II.15 :** présenté le multi paramètre

### II.13. 1.4. Mesure de la turbidité

L'objet de la présente est de décrire la mesure de la turbidité.

#### Principe

La turbidité d'une eau est causée par des matières non dissoutes (limon, argile, algue, grain de silice, micro flocs ...) celles-ci atténuent la radiation incidente et les particules insolubles diffusent la radiation de façon inégale. L'appareil employé fonctionne sur le principe de la mesure diffusée. La longueur d'onde de la radiation incidente est de 860 nm comme recommandé dans la méthode ISO 7027 et ce, afin d'éviter l'influence des matières

### II.13. 1 .5. Résidus secs

#### Mode opératoire

- Tarer une capsule préalablement lavée, rincée à l'eau distillée et desséchée.
- Prélever 50 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée et déverser la dans la capsule.
- Porter cette dernière à l'étuve à 105°C pendant 4 heures.
- Laisser refroidir pendant 15 minutes au dessiccateur.
- Peser immédiatement et rapidement.

#### Expression des résultats

$$RS = \frac{M1 - M2}{V} \times 10^6 \text{ en mg /L}$$

Avec :

**M2** : la masse de la capsule à vide (mg)

**M1**: la masse de la capsule avec résidus secs (mg)

**V** : volume de l'échantillon versé (ml)

### II.13. 2. Titrage volumétrique

Une technique d'analyse quantitative qui permet de déterminer la quantité d'une Substance nécessaire pour effectuer complètement une réaction chimique donnée. Le titrage Consiste à verser à partir d'une burette un volume précis d'une solution dont la concentration Est connue dans une solution contenant la substance à doser, de concentration inconnue. La Substance contenue dans le titrant réagit de façon continue avec la substance à analyser. Le Point atteint quand on a ajouté suffisamment de titrant pour la totalité de la substance à analyser Réagisse est appelé point d'équivalence. On identifie souvent ce point à l'aide du changement de couleur d'un produit chimique appelé indicateur. Cette méthode nous permet d'analyser :

- Titre hydrotimétrique (TH) : titré avec la solution d'EDTA à 2N.
- Titre alcalimétrique et titre alcalimétrique complet (TA, TAC) : titrer avec HCl à 0.02N.
- Les chlorures : titrer avec  $AgNO_3$  à 0.02 N jusqu'à coloration rouge brique.
- Le calcium et magnésium : titrer avec EDTA.

#### II.13. 2.1. Titre hydrométrique(TH)

##### Objectif

Cette méthode d'essai a pour objet de déterminer la somme des concentrations en calcium et magnésium d'une eau.

##### Principe

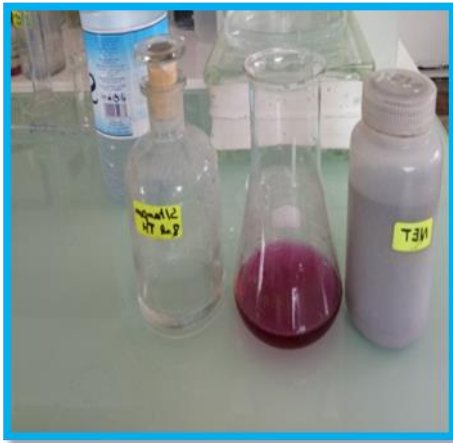
Titration par complexométrie des ions calcium et magnésium avec une solution aqueuse de sel di sodique d'acide éthylène diamine tétra étique ( EDTA ) «  $C_{10}H_{12}N_2O_8Mg$  » à un pH de 10. Lors du titrage, l'EDTA réagit avec les ions calcium, l'indicateur vire alors de la couleur rose à la couleur bleue. L'indicateur utilisé est le noir ériochrome T, qui donne une couleur rose en présence des ions calcium et magnésium lors du titrage avec l' EDTA la solution vire au bleu.[56]

##### Mode opératoire

- Introduire 50 ml d'échantillon à analyser.



- Ajouter 4 ml de la solution tampon pH=10, et 3 gouttes de l'indicateur le noir ériochrome T, (NET) qui donne une couleur rose
- Titrer immédiatement avec l'EDTA tout agitant constamment.
- Verser rapidement au début du dosage puis lentement vers la fin.
- Ajouter l'EDTA goutte à goutte des que la couleur de la solution commence à virer du Rose au bleu.



**FigureII.16 :** Avant le titrage **FigureII.17:** Après le titrage

### II.13. 2.2. Titre calcique ( $\text{Ca}^{+2}$ )

Cette méthode d'essai a pour objet la détermination du dosage de calcium et magnésium par la méthode titre métrique à l'EDTA.

#### Principe

Titration des ions calcium avec une solution aqueuse de l'EDTA à un pH compris entre 12 et 13 l'indicateur utilisé est le murexide, qui forme un complexe rose avec le calcium.

à la couleur violet.[56]

#### Mode opératoire

100 ml de l'eau analyser + 2 ml solution Hydroxyde de Solution + murexide

**Couleur**

Rose titrer a EDTA 0,02N →Viole



**FigureII.18** : Avant le titrage



**FigureII.19** :Après le titrage

**Expression des résultats :**

$$Ca = TCa \times 40,08$$

D'où :

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

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

**II.13. 2.3.Détermination le Dosage du Calcium ( $Ca^{+2}$ ) par la Titre hydrométrique TH,  $TCa^{+2}$  (Titre calcique)**

Cette manipulation consiste à la teneur en ions de calcium et de magnésium présente dans une eau par méthode complexométrique.

L'agent complexant le plus souvent utilisé est E.D.T.A (Ethyle-Diamine-Tétra- Acétique) appelé souvent de sel dissodique ou complexant (III) ( $Na_2H_2Y$ ).

L'action de l'E.D.T.A sur les cations métalliques à l'exception de ceux des métaux alcalins et le plus particulièrement le calcium ( $\text{Ca}^{+2}$ ) et le magnésium ( $\text{Mg}^{+2}$ ). Donne naissance à deux complexes appelés : E.D.T.A-calcique et E.D.T.A magnésique.

### Principe

Le dosage de TH calcique s'effectue avec une solution aqueuse d'E.D.T.A en présence de NaOH comme une solution tampon et de rouge de muréxcide comme indicateur spécifique à pH élevé (12-13). Il réagit tout d'abord avec les ions de calcium libres, puis avec les ions combinés avec l'indicateur qui vire alors du couleur rose à la couleur violet.

### Réactifs

Solution titrée d'E.D.T.A à (0.02N).

Solution tampon Hydroxyde de sodium NaOH à (2N).

Indicateur rouge de muréxcide.

### Mode opératoire

On prend 100 ml de l'eau à analyser dans un bicher de 250 ml on ajoute 4 ml solution Hydroxyde de sodium NaOH à (2N), puis on ajoute 0.2 g de poudre de l'indicateur rougeMuréxcide. Puis on titre avec une solution EDTA (0.02N) goutte à goutte jusqu'au de virage de l'indicateur du rose au violet.

Les résultats sont.

Les résultats sont exprimée en mg/l, est donnée par l'expression suivante :

### Expression de résultante

$$[\text{Ca}^{+2}] = T_{\text{Ca}^{+2}} \times 4.008$$

40.08 g/mol= c'est la masse molaire atomique de calcium.

$$T_H = T_{\text{Ca}^{+2}} + T_{\text{Mg}^{+2}}$$

$$T_{\text{Mg}^{+2}} = T_H - T_{\text{Ca}^{+2}}$$

$$T_{\text{Ca}^{+2}} \times 4,008 = [\text{Ca}^{+2}]$$

### II.13. 2.4. Détermination le Dosage du Magnésium ( $Mg^{+2}$ )

Pour déterminer la concentration en magnésium qui exprimé en mg/l est donnée par la relation suivante :

$$[Mg^{+2}] = TH - T_{Ca^{+2}} \times 2,43$$

### II. 13. 2.5. Détermination de l'alcalinité TA et TAC

#### ➤ Détermination de TAC

L'acidité d'une eau coré pond à la présence d'anhydride carbonique libre d'acides minéraux et de sels d'acides forts et de bases faibles l'eau à analyser doit être conservée de préférence dans des récipients en polyéthylène ou en verre, borosilicaté et l'analyse doit être pratiquée dans les 24 heures après le prélèvement qui sera conservé à 4 °C.

#### Principe

L'acidité totale et l'acidité en acides minéraux ou se mesurent par titrage avec une solution d'acide chlorhydrique en présence d'indicateurs colorés phénol phtaléine pour le premier méthyle orange pour la seconds

#### ▪ Mode opératoire (TAC)

100 ml de l'eau à analyser + 3 gouttes méthyle Orange titrer a HCl 0,02 Orange Rouge → orange

#### ➤ Détermination de (TA)

#### • Mode opératoire

Si le pH > 8,30 on calcule le TA 100 ml de l'eau analyser + 3 gouttes Phénophtaléine

Couleur

Rose titrer a HCl 0,02 N incolore



**Figure II.20:** Couleur Avant le titrage

### II.13. 2.6. Détermination de ( $\text{HCO}_3^-$ )

Pour déterminer la concentration en hydrogénocarbonate qui exprimé en mg/l est donnée par la relation suivante :

$$\text{Si TA} = 0 : [\text{HCO}_3^-] = \text{TAC} \times 12.2$$

$$\text{Si TA} \neq 0 : [\text{HCO}_3^-] = 0.2 \times [\text{TAC} - (2 \times \text{TA})] \times 12.2$$

Avec :

La masse molaire de  $\text{HCO}_3^- = 61$  donc  $61 \times 0.2 = 12.2$ .

### II.13. 2.7. Détermine de ( $\text{CaCO}_3$ )

Pour déterminer la concentration en carbonate de calcium qui exprimé en mg/l est donnée

Par la relation suivante :

$$\text{Si TA} = 0 : [\text{CaCO}_3] = \text{TAC} \times 10$$

$$\text{Si TA} \neq 0 : [\text{CaCO}_3] = (\text{TAC} - 2\text{TA}) \times 10$$

### II.13. 2.8. Chlorure ( $\text{Cl}^-$ )

L'objet de la présente prescrit une méthode titrimétrie pour le dosage des chlorures dissous dans l'eau « méthode de mohr ».

### Principe

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrates d'argent en présence de bichromates de potassium ( $\text{K}_2\text{CrO}_4^{2-}$ ) comme indicateur. Les ions chlorures réagissent avec les ions argent pour former du chlorure d'argent insolubles, qui se précipitent quantitativement selon la réaction suivante :



Quand tous les ions Chlorures ont été précipités, le chromate d'argent précipite à son tour selon la réaction suivante :



Et le mélange prend une teinte rouge brique. Le précipité  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  apparaît ainsi comme un indicateur de la fin de précipitation des ions Chlorure. [57]

#### ▪ Mode opératoire

100 ml de l'eau à analyser + 3 gouttes de solution de chromate de potassium ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ).

#### Couleur

Jaune titrer a  $\text{AgNO}_3$  0,1 N → rougeâtre.



**FigureII.21 :**Avant le titrage**FigureII.22 :** Après le titrage

### II.13. 2.9 .Détermine Matières organiques (Oxydabilité au permanganate de potassium)

**Principe**

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

**Objet**

La méthode décrit la détermination de l'indice de  $\text{KMnO}_4$ , ou « oxydabilité » permettant d'évaluer la contamination en matières organique et matière inorganique oxydables dans des eaux peu ou moyennement polluées

**Préparation de réactif :****Solution 1 :**

Acide sulfurique 18mol /l .....420ml (solution mère)

E.D.....1000ml

$\text{H}_2\text{SO}_4$  SM .....110ml

E.D .....1000ml

**Solution 2 :**

Permanganate de potassium .....3,2g (solution mère)

E.D .....1000ml

**NB :** la solution est stable trois mois à température en ambiante

Permanganate de potassium SM .....100ml

E.D .....1000ml

**NB :** la solution est stable deux mois à  $4^\circ\text{C}$  dans un flacon verre brun

**Solution 3 :**

Oxalate de sodium .....6,7g (Solution mère)

E.D.....1000ml

NB : cette solution est stable pendant 6 mois si elle est stockée à l'obscurité flacon brun 4C°

Oxalate de sodium SM .....100ml

E.D.....1000ml

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

### Mode opératoire

100ml E.D + 20ml solution1 en agitant doucement

Placer le bécher sur une plaque chauffante et porter à ébullition

Ajouter 20ml solution 2 et démarrer le chronomètre et maintenir à ébullition pendant 10min

Titre directement avec solution de permanganate de potassium solution 2

Incolore → rose persistant 30s noté le volume  $V_0$

100ml Echantillon + 20ml solution1 en agitant doucement

Ajouter 20ml solution 2 et démarrer le chronomètre et maintenir à ébullition pendant 10min

Titre directement avec solution de permanganate de potassium solution 2

Incolore → rose persistant 30s noté le volume  $V_1$

Au blanc titré ajouter 20ml solution 3 réchauffé à 2min (à environ 90C°) retiré avec solution 2

Incolore → rose persistant 30s noté le volume  $V_2$





**FigureII.23 :** présent les étapes de Détermine Matières organiques

### II. 13.3. Spectrophotométrie

#### Principe de la spectrophotométrie UV-Visible

La spectrophotométrie est une méthode analytique quantitative qui consiste à mesurer l'absorbance ou la densité optique d'une substance chimique donnée en solution [58]. Cette technique exploite les capacités des composés à absorber la lumière. On utilise généralement des complexant qui donnent des couleurs avec les éléments à doser [59]. Plus cette espèce est concentrée plus elle absorbe la lumière dans les limites de proportionnalité énoncées par la loi de B  er- Lambert. La densité optique des solutions est déterminée par un spectrophotomètre préalablement étalonné sur la longueur d'onde d'absorption de l'espèce chimique étudier [60]. La appareille d'un spectrophotomètre sont présentés dans la figure ci-dessous



**FigureII.24** : Spectrophotomètre d'absorptionMoléculaire

### II.13.3. 1. Analyse des Nitrites

#### Principe

Réaction des ions nitrites présents dans une prise d'essai, a pH 1.9 avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide en présence d'aide ortho phosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le ichor-hydrate de N-naphtyle-1 diamino- 1.2 éthane ajouter avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide mesure de l'absorbance a 540 n, la minéralisation de la matière organique présente dans le sol est réalisée par des micro-organismes. L'azote minéral ainsi produit est ensuite transformée par des bactéries aérobies en nitrates

Cette transformation, appelée nitrification qui transforme les nitrites en nitrates. Si les conditions de milieu le permettent, les nitrates seront utilisés par les nitrates peuvent également s'absorber et se fixer sur les argiles et humus. Les nitrites sont les sels de l'acide nitreux.

L'acide nitreux est un acide instable de formule  $\text{HNO}_2$ , la formule de l'ion nitrite est  $\text{NO}_2^-$ .

#### Préparation des Réactifs

##### 1-Réactif mixte

Dissoudre 40 g d' amino-4 benzènes sulfonamide  $\text{NH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_2\text{NH}_2$  dans un mélange formé de 100 ml d'acide ortho phosphorique et de 500 ml d'eau.

Ajouter 2 g de dichlororhydate de N-naphtyl-1 diamino-1.2 éthane  $C_{10}H_7NH-CH_2-NH_2-2HCl$ , compléter le volume à 1000 ml avec de l'eau distillée.

Cette solution est stable pendant un mois si elle est conservée entre 2 et 5°C.

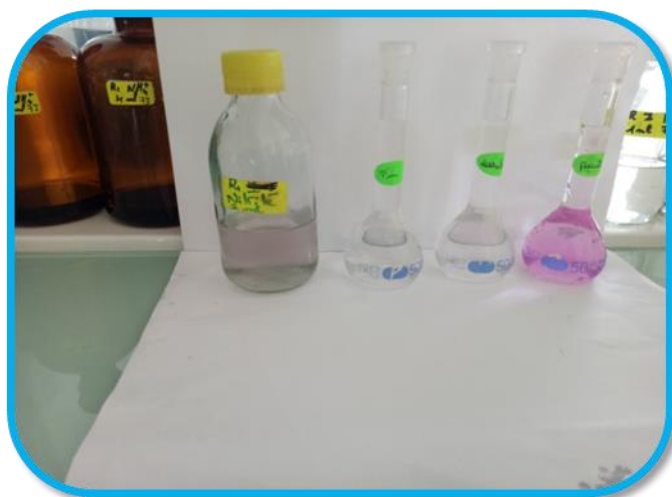
### 2-Solution étalon mère de nitrites 100 mg/l

Dissoudre 0.15 g de nitrite de sodium séché à 105°C durant au moins 2 h dans 1000 ml d'eau distillée. Cette solution est stable pendant un mois si elle est conservée entre 2 et 5 °C.

### 3- Solution étalon fille de nitrites 1 mg/l

Prélever à l'aide d'une pipette 1 ml de la solution étalon de nitrites de concentration 100 mg/l, la transvaser dans une fiole de 100 ml et compléter au volume avec de l'eau distillée.

Cette solution est préparée le jour de l'emploi.



**FigureII.25** : Analyse des nitrites

### II.13.3.2.Dosage de nitrate

#### Principe

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

#### Préparation des Réactifs

#### Réactif (I)

Hydroxyde de sodium 30%

### Réactif (II)

- Salicylate de sodium ... 0,5%
- Eau distillée ... qsp 100 ml.

NB : à préparer chaque 24 h.

### Réactif (III)

Acide sulfurique 2 ml

### Réactif (IV)

- Hydroxyde de sodium NaOH ... 400 g.
- Tartrate double de sodium et de potassium ... 60 g.
- Eau distillée ... qsp 1000 ml

#### ▪ Mode opératoire

1. 10 ml Eau à analyser+ 3 gouttes RI+ 1ml RII
2. 10 ml Eau distillée + 3 gouttes RI + 1ml RII (témoin).
3. Après le séchage dans l'étuve, on laisse refroidir
4. On ajoute 2 ml de RIII laissé reposer 10 minutes ajoutées 15ml d'eau distillé
5. 15 ml RIV
6. Faire la lecture au spectromètre à longueur d'onde 451 nm
7. Les résultats son affiché directement dans le spectromètre en mg /litre de nitrate.

### II.13.3. 3. Dosage de l'ammonium

#### Principe

Des Réactifs En milieu alcalin et en présence de nitre prussiate qui agit comme un catalyseur, les ions ammonium traités par une solution de chlore et de phénol donnent du bleu d'indophénol susceptible d'un dosage par spectrophotométrie d'absorption moléculaire.

### Préparation des Réactifs

#### Réactif (I)

- Salicylate de sodium  $C_7H_5O_3Na$  ... 13 g.
- Citrate tri sodique déshydraté  $C_6H_5O_7Na_3$ ... 13 g.
- Nitroprussiate de sodium  $(Fe(CN)_5NO)Na_2 \cdot 2H_2O$  ... 0,097  $\approx$  0,1 g
- Eau distillée ... 100 ml.

#### Réactif (II)

- Hydroxyde de sodium NaOH ... 3,2 g.
- Dichlorosocyanurate de sodium ... 0,2 g.
- Eau distillée ... 100 ml.

#### ■ Mode opératoire

1. L E.D + 4 ml R (I) + 4 ml R (II).
2. l d'eau à analyser + 4 ml R (I) + 4 ml R (II) + 2 ml.
3. Après 1h faire la lecture au spectromètre à longueur d'onde de 655 nm.

**NB :** les solutions (I) et (II) se prépare chaque 15 jour.

Les résultats son affiché directement dans le spectromètre en mg /litre d l'Ammonium.



**FigureII.26 : Analyse de l'ammonium**

#### **II.13.3. 4. Dosage des ions phosphate**

##### **Principe :**

En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium les orthophosphate donnent un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide exoréique, développe une coloration bleue susceptible d'un dosage spectrophotométrie, certaines formes organiques pouvant être hydrolysées au cours de l'établissement de la coloration est accélérée par l'utilisation d'un catalyseur, le tartrate double d'antimoine et de potassium.

##### **Objet :**

L'objet de la présente est de décrire la mesure des ortho phosphore par spectrométrie

##### **Préparation de réactif :**

###### **• Solution 1 :**

1. Acide sulfurique 9mol /l  $\text{H}_2\text{SO}_4$  .....500ml
2. Tartrate de potassium et d'antimoine .....0.35g
3. D'heptamolybdate d'ammonium tétra hydraté ..... 13g
4. E.D .....1000ml

**NB :** conservé dans une bouteille en verre brun, ce réactif est stable pendant au moins deux mois

• **Solution 2 :**

1. Acide ascorbique.....10g
2. E.D .....100 ml

**NB :** cette solution est stable pendant deux semaines conservées dans une bouteille en verre brun ou réfrigérateur

▪ **Mode opératoire :**

1. 40 ml de l'eau distillé + 1 ml de la solution 1 + 2ml de la solution 2 complété 50ml
2. La lecture est effectuée après 10 à 30min fait le lecteur au spectrophotomètre a la longueur d'onde 880nm
3. La présence de phosphate → coloration bleu



**FigureII.27 :** analyse de phosphate

### II.13.3. 5. Aluminium

**Principe :**

Réaction de l'aluminium avec l'ériochrome cyanine à pH de 5,9 en présence de l'acétate d'ammonium

**Objet :**

L'objet de cette présente méthode décrit le dosage de faibles concentrations  $\text{Al}^{3+}$  jusque à  $20\mu\text{g} / \text{l}$  en utilisant une méthode colorimétrique à l'ériochrome cyanine

### Préparation de réactif :

#### ☐ Solution 1 :

1. Thiosulfate de sodium ..... 1,38g
2. E.D .....1000ml

#### ☐ Solution 2:

1. Acide ascorbique .....1g
2. E.D.....100ml

#### ☐ Solution 3 :

1. Acide sulfurique .....1, 12ml
2. E.D.....1000ml

#### ☐ Solution 4 :

1. Acétate d'ammonium .....37,2 g
2. Acide acétique .....pH= 6,2
3. E.D .....1000ml

#### ☐ Solution 5 :

1. Eriochrome cyanine (solution mer) ....1g
2. E.D .....100ml
3. Solution fille .....1ml
4. E.D.....100ml

### ▪ Mode opératoire



1. 50ml E .D + 0,5ml solution1 + 1ml solution2 + 1ml solution3 + 10ml solution4 + 5ml solution5
2. 50ml Enchantelle + 0,5ml solution1 + 1ml solution2 + 1ml solution3 + 10ml solution4 + 5ml solution5
3. Après 10min fait la lecture à spectrophotomètre à longueur d'onde 540nm
4. La présence de l'aluminium → couleur rouge

### II.13.3. 6. Manganèse :

#### Principe :

c'est une réaction des ions manganèse avec une solution de formaldoxime susceptible de former un complexe rouge orangé mesurable à la longueur d'onde de 450nm dans un domaine de Ph situé entre 9,5 et 10,5

#### Objet :

L'objet de la présente est de décrire la mesure des manganèses par spectrométrie

#### Préparation de réactif :

##### Solution 1 :

1. Sulfate de fer et d'ammonium hexa hydraté .....0,7g
2. Acide sulfurique 3mol /l .....1ml
3. E.D.....1000ml

##### Solution 2 :

1. EDTA.....90g
2. NaOH .....19g
3. E.D.....100ml

##### Solution 3 :

1. Chlorure d'hydroxy ammonium .....10g
2. Formaldéhyde .....5ml

3. E.D .....1000ml

**NB :** cette solution reste stable pendant un mois si elle est conservée dans une bouteille en verre brun au frais

**Solution 4 :**

1. NaOH .....160g

2. E.D.....1000ml

**Solution 5 :**

1. Ammoniaque .....70ml

2. E.D.....200ml

3. Chlorure d'hydroxylammonium .....42g

4. E.D .....1000ml

**NB :** mélanger à volume égaux solution ammoniacale avec solution de chlorure d'hydroxylammonium

▪ **Mode opératoire**

1. 50 ml E.D + 1ml solution1 + 2 ml solution 2 + 1ml solution 3 + 2ml solution 4 après 5 à 10min en ajoute 5ml solution 5

2. 50 ml Echantillon + 1ml solution1 + 2 ml solution 2 + 1ml solution 3 + 2ml solution 4 après 5 à 10min en ajoute 5ml solution 5

3. Après un heure à 4h fait le lecteur a spectrophotomètre a longueur d'onde 450nm

4. La présence de manganèse → couleur rouge orangé

**II.13.3.7. Dosage de Fer**

**Principe**

Après oxydation en milieu acide le fer est réduit à l'état ferreux et dosé par spectrophotométrie en utilisant la coloration rouge donné par les sels ferreux avec la Phénanthroline 1,10.

## Préparation des Réactifs

### Réactif (I)

- Chlorhydrate d'hydrosylamine  $\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{HCl}$  ... 10g.
- Eau distillée ... qsp 100 ml.

### Réactif (II)

- Acétate d'ammonium  $\text{CH}_3\text{COOHNH}_4$  ... 40 g.
- Acide acétique cristallisable  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ... 50 ml.
- Eau distillée ... qsp 100 ml.

**NB :** cette solution reste stable au moins une semaine.

### Réactif (III)

- Phénanthroline 1.10 ... 0,50g.
- Eau distillée ... qsp 100 ml.

**NB :** cette solution reste stable au moins une semaine si elle est conservée à l'obscurité.

#### ▪ Mode opératoire

1. 50 ml E. D + 1 ml R (I) + 2 ml R (II) + 2 ml R (III) « témoin ».
2. d'eau à analyser + 2 ml R (II) + 2 ml R (II) + 2 ml R (III).
3. La lecture est effectuée après avoir conservé les fioles à l'obscurité pendant 15 min.
4. Faire la lecture au spectromètre à longueur d'onde 510 nm
5. Les résultats sont affichés directement dans le spectromètre en mg /litre de Fer.



Figure II.28 : analyse de fer

### II.13.3.8.Dosage de sodium et de potassium par photométrie de la flamme

La photométrie de la flamme est un procédé le plus rapide et sensible connus aujourd'hui pour le dosage des éléments alcalins et alcalino - terreux.

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

Appareil Dr. LANGE (JENWAY).

Le résultat est donné **directement** en mg/l.



**FigureII.29 :** Appareil de spectrophotomètre à flamme

#### Principe

Lorsque les atomes d'un élément sont excités par une flamme ils émettent des photos de longueur d'onde déterminée dont l'intensité peut être mesurée par spectrophotométrie

La concentration initiale du cation à doser est déduite de la valeur absolue de l'intensité de l'émission spectrale mesurée

#### Objet

L'objet de la présente est de décrire la mesure des sodiums et potassiums par spectrophotomètre à flamme

#### Préparation de réactif

1. Solution étalon de sodium .....500mg/l
2. Solution mère de potassium .....500mg/l

#### ▪ Mode opératoire

Allumer le spectrophotomètre a flamme régler le 0 avec l'eau distillé après régler solution étalon de sodium dans l'appareil a 500mg/l après mesuré l'échantillon la même mode opératoire pour le potassium

Après noté le résultat.



**Chapitre III**

**Résultats et interprétations**

**Chapitre III: Résultats et interprétations****Tableau III.1 : Analyse d'eau et date de prélèvement (28-02-2021)**

| N° | Désignation<br>(Analyse)                   | Puits  | Dessalement |
|----|--------------------------------------------|--------|-------------|
| 1  | Chlore Résiduel                            | /      | 0,2         |
| 2  | Température(c°)                            | 19,2   | 19,9        |
| 3  | Conductivité(µs/Cm)                        | 1521   | 487         |
| 4  | PH                                         | 8,23   | 9,04        |
| 5  | Turbidité(NTU)                             | 2,23   | 0,43        |
| 6  | Dureté total (mg/L)                        | 33 6   | 60          |
| 7  | Titre .cal (Tca <sup>++</sup> )<br>(mg /L) | 25     | 5,2         |
| 8  | Titre AL.C (TAC)<br>(mg /L)                | 24,6   | 6           |
| 9  | Titre AL.S (TA)<br>(mg /L)                 | 00     | 0,1         |
| 10 | Chlorures(mg /L)                           | 34     | 16          |
| 11 | Calcium (mg /L)                            | 100,2  | 20,84       |
| 12 | magnésium (mg /L)                          | 20,89  | 1,94        |
| 13 | Hydrogénocarbonate<br>(mg /L)              | 300,12 | 14,152      |
| 14 | Oxydation en<br>KMnO4(mg /L)               | 1,4    | 0,3         |

|    |                                     |       |       |
|----|-------------------------------------|-------|-------|
|    |                                     |       |       |
| 15 | Ammonium $\text{NH}_4^+$<br>(mg /L) | 0,01  | 0,01  |
| 16 | Nitrates (mg /L)                    | 78,1  | 1,15  |
| 17 | Nitrite(mg /L)                      | 0,1   | 00    |
| 18 | Phosphate(mg /L)                    | 0,01  | 00    |
| 19 | Fer(mg /L)                          | 0,042 | 0,045 |
| 20 | Aluminium(mg /L)                    | 0,02  | /     |
| 21 | Sodium(mg /L)                       | 280   | 108   |
| 22 | Potassium(mg /L)                    | 3,3   | 5,1   |
| 23 | Couleur                             | 13    | 00    |
| 24 | L'odeur                             | /     | /     |
| 25 | Saveur                              | /     | /     |
| 26 | Manganèse(mg /L)                    | 0,074 | 0,003 |

Afin on a évalué la qualité de l'eau des deux sources considérées, différentes analyses Physico-chimiques ont été examinées au sein du laboratoire d'ADE de Mostaganem.

### III.1 Paramètre organoleptiques

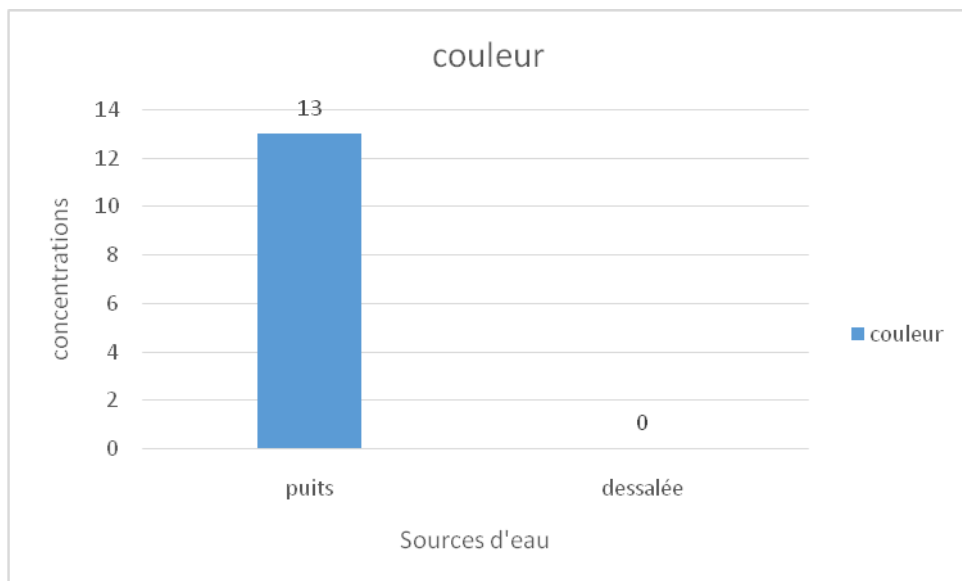
#### III.1 .1 Odeur

Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore. Toute odeur est un signe de pollution Ou de la présence de matières organiques. [61]



### III.1 .2 Couleur

La figure III.1 présente la variation de la couleur



**Figure III.1 :** Histogramme de variation de la couleur.

On observe l'absence de la couleur pour la source de l'eau dessalée (limpide, saine, de bonne qualité).

Cependant la couleur de source de l'eau souterraine (puits) reste au-dessous de la norme (<15). Le Changement de couleur est dû à la présence de divers colloïdaux.

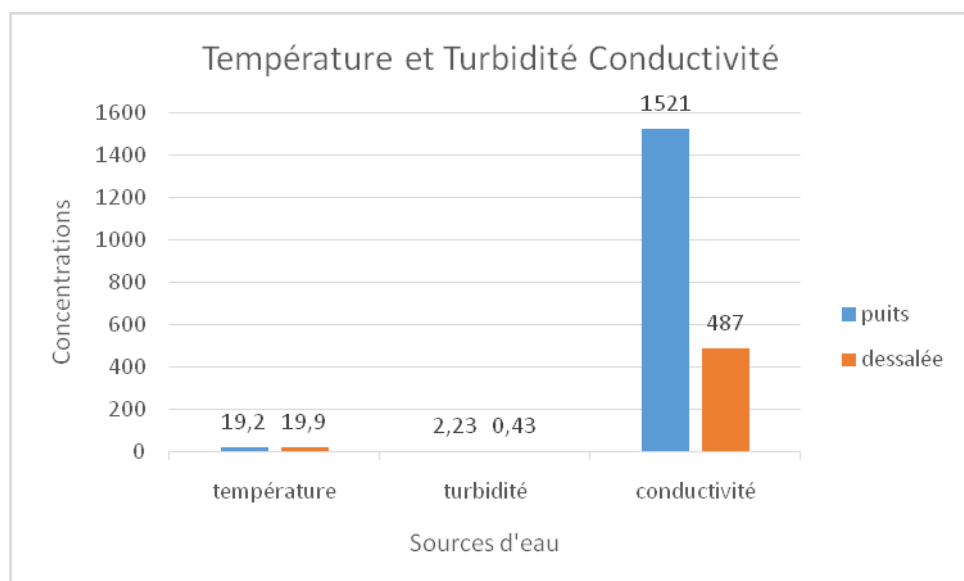
### III.2 Analyses physico-chimiques

Les analyses physico- chimiques telles que la minéralisation globale, l'élément indésirable ellesparamètront dePollutionont été effectuées sur l'eau des deux différentes sources Étudiées

#### III.2 .1.Paramètres physico-chimiques.

##### III.2 .1.1 Température, turbidité, conductivité électrique

La figure III.2 présente la variation des paramètres physico- chimiques (Température, Turbidité, conductivité) pour les deux sources étudiées



**Figure III.2 :** Histogramme des valeurs de Température, Turbidité, conductivité, pour Les deux sources étudiées.

### ✓ Température

Les températures enregistrées sont comprises entre 19,2 à 19,9°C, les valeurs obtenues Sont conformes à la norme (<25°C).

### ✓ Turbidité

On voit que les eaux étudiées sont des eaux claires ; car est due à l'infiltration de l'eau Dans le sol. Les valeurs sont situées entre 2,23 – 0,43 NTU. La valeur la plus élevée Appartient à l'échantillon 1 (source de puits)

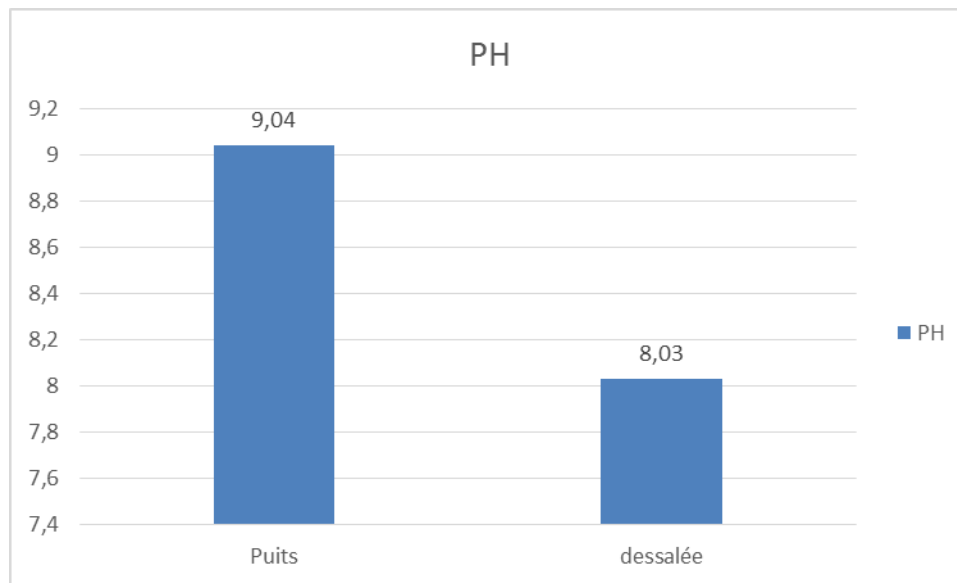
- Source de l'eau dessalée à la turbidité la plus faible.
- Les deux valeurs sont situées au-dessous de la norme (<5 NTU).

### ✓ Conductivité électrique

Selon les valeurs de la conductivité électrique des eaux étudiées on remarque qu'elles Sont faiblement minéralisées. On conclue que la conductivité des sources étudiées sont Normalisés (<2800  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ).

#### III.2 .1.1 .2 Potentiel d'hydrogène (pH)

La figure III.3 présente la variation de pH des sources étudiées (l'eau dessalée et l'eau Souterraine potable (puits))



**Figure III.3 : Histogramme de variation de pH**

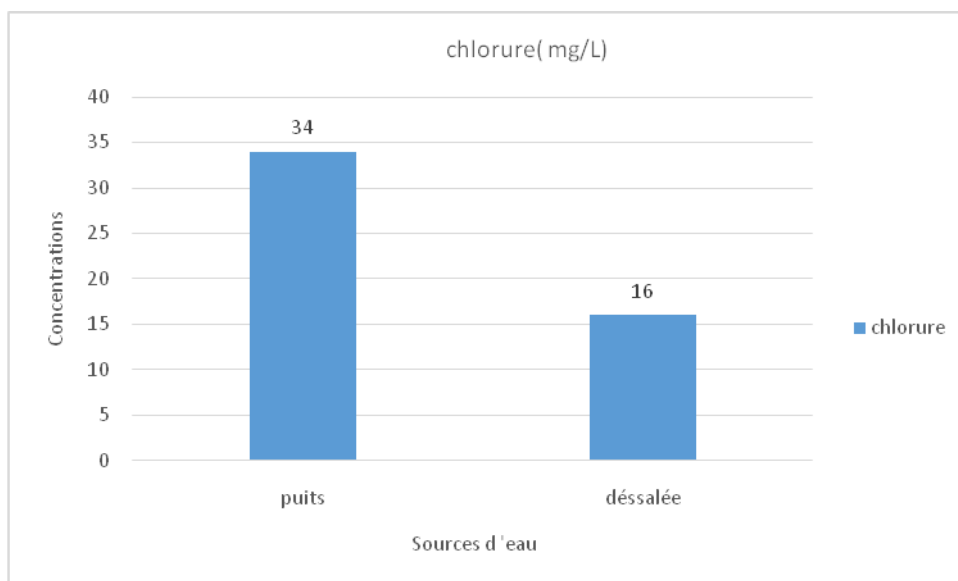
Le pH des deux sources varie entre 8,23- 9,04'il apparait que ces eaux ont un caractère base.

### III.2 .2 Minéralisation globale

Les paramètres de minéralisation globale de l'eau sont : les Chlorures, le Calcium, le Sodium, lePotassium, le Magnésium, les Bicarbonates, la dureté Total et (TA) et (TAC) ont été déterminés pour les deux sources.

#### III.2 .2.1.IONS $\text{Cl}^-$

La figure III.4 présente la variation des ions  $\text{Cl}^-$  des deux sources étudiées



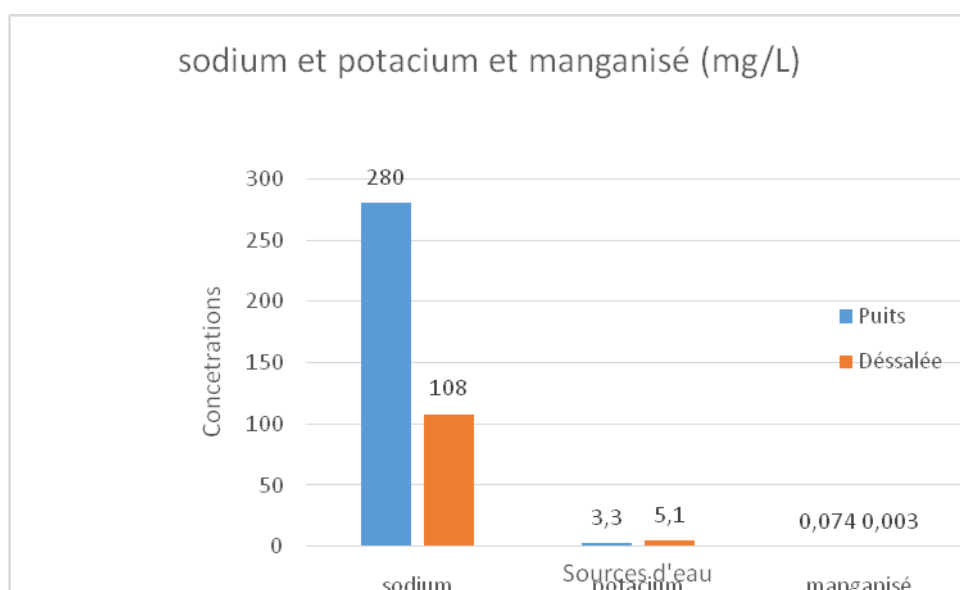
**Figure III.4 : Histogramme de variation de chlorure**

Les valeurs de Chlorure trouvées au niveau des sources étudiées sont comprises entre 16–34 mg/L. On voit que la source de l'eau souterraine potable a une teneur élevée par rapport à la source de l'eau dessalée.

L'inconvénient des chlorures est la saveur désagréable si la concentration ( $>250\text{mg/L}$ ).

### III.2.2. $\text{K}^+$ , $\text{Na}^+$ ,

La figure III.5 présente la variation de sodium, potassium, manganèse, pour nos sources (l'eau dessalée et l'eau souterraine potable (puits))



**Figure III.5:** Histogramme de variation de potassium et sodium et manganèse

#### ✓ $\text{K}^+$

Les concentrations sont relativement faibles pour les deux sources, mais la teneur de sources de l'eau dessalée est supérieure à celle des sources de l'eau souterraine potable (puits) qui sont comprises entre 3,3 - 5,1 mg/L. La teneur en potassium dans les eaux naturelles est de l'ordre 10 -12 mg/L.

#### ✓ $\text{Na}^+$

Les en sodium des sources analysées sont comprises entre 108 - 280 mg/L, à partir de l'histogramme on remarque que la source de l'eau souterraine potable (puits) a une forte teneur en sodium et supérieure à celle des sources de l'eau dessalée.

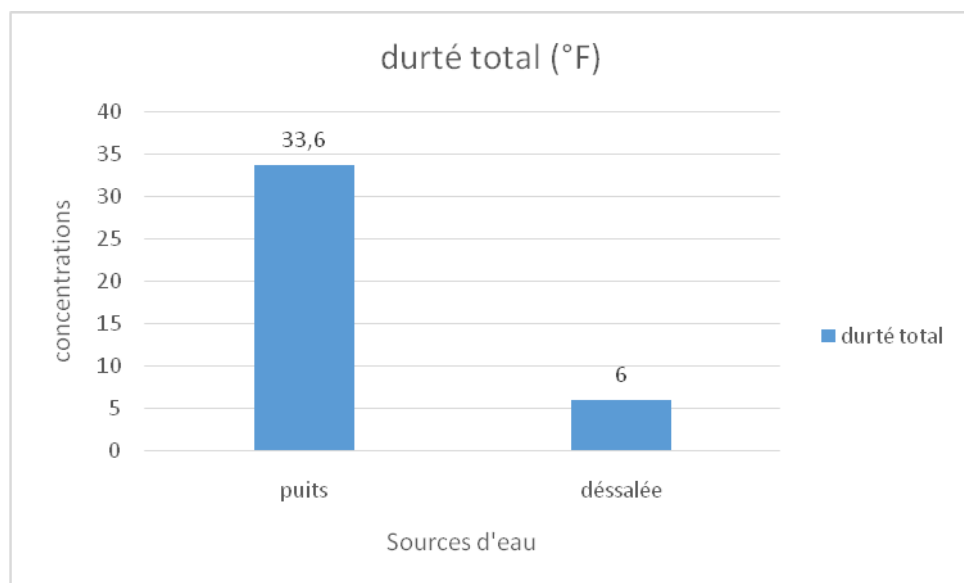
#### ✓ $\text{Mn}^{+2}$

Les valeurs enregistrées de la concentration en manganèse varient entre 0.003 - 0.074 mg/L.

Le teneur de concentration obtenue pour la source de l'eau dessalée sont inférieures à la norme ( $<0.05\text{mg/L}$ ). Par contre la source de l'eau souterraine potable (puits) est supérieure à la norme.

### III.2 .2 .3. Dureté totale

La figure III.6 représente l'histogramme des valeurs de la dureté totale de l'eau pour les Deux sources étudiées



**Figure III.6 :** Histogramme de variation de titre hydrotimétrique

La dureté est un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés et correspond à la Teneur en calcium et magnésium [61].

Il y a trois grandes classes de dureté :

TH  $<15^{\circ}\text{F}$  : eau douce

TH  $>15^{\circ}\text{F}$  : eau légèrement douce

TH  $>50^{\circ}\text{F}$  : eau très dure.

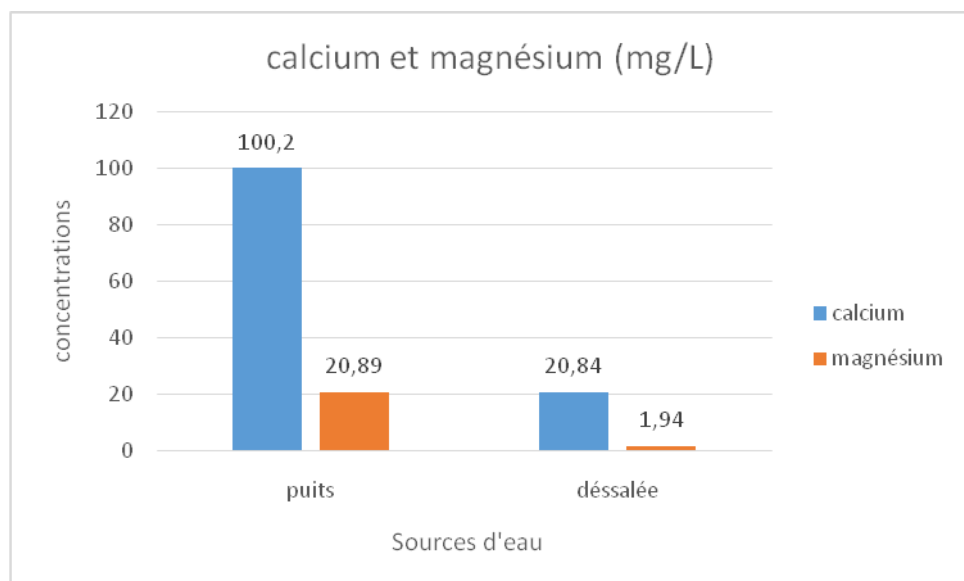
Les teneurs de la dureté obtenue dans les eaux de sources sont comprises entre 33,6 et  $6^{\circ}\text{F}$

Ou 336 et 60 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ , ce qui montre la bonne minéralisation de ces eaux ainsi qu'un Caractère marqué d'eau douce pour la Source de l'eau dessalée, et d'eau légèrement douce pour la source de l'eau souterraine potable (puits) il répond à la norme indiquée par la réglementation Algérienne.

On a :  $1^{\circ}\text{F}=10\text{mg/L de CaCO}_3$

✓  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$

La figure III.7 présente la variation de calcium et de magnésium des sources analysées.



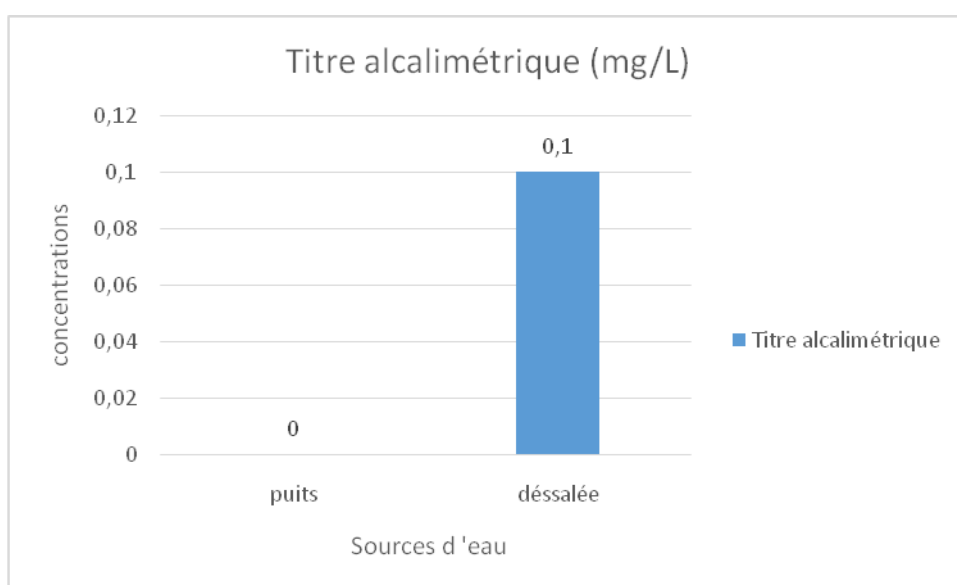
**Figure III.7 :** Histogramme de variation de calcium et magnésium

Les valeurs de  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  obtenue dans les eaux de sources sont comprises entre (20,84-100,2) et (1,94-20,89).

On remarque les Concentrations de  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  de source de l'eau dessalée sont inférieures à celle de l'eau souterraine potable (puits).

#### III.2 .2 .4. Titre alcalimétrique TA

La figure III.8 présente la variation de Titre alcalimétrique

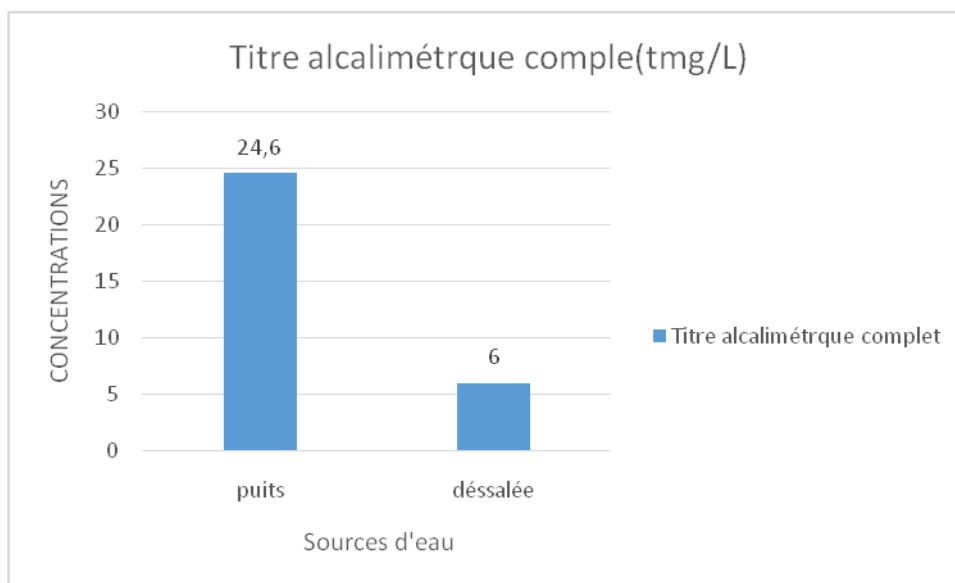


**Figure III.8:** Histogramme de variation de titre alcalimétrique

On observe l'absence de la TA pour la source de l'eau souterraine (puits), Cependant la TA de source de l'eau dessalée reste au-dessous de la norme ( $<50^{\circ}\text{F}$ ).

### III.2 .2 . 5 Titre alcalimétrique complet TAC

La figure III.9 présente la variation de titre alcalimétrique complet pour les sources Étudiées.

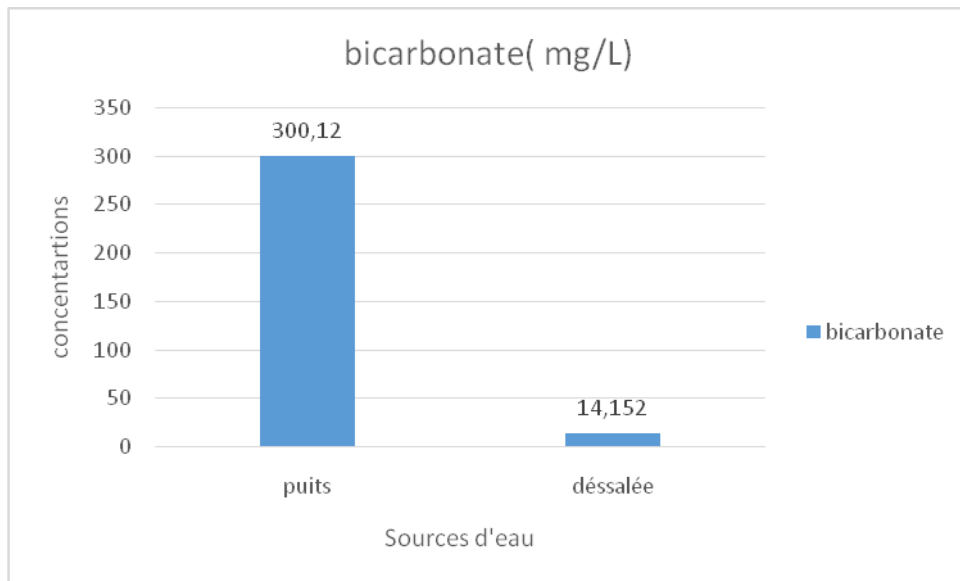


**Figure III.9:** Histogramme de variation de titre alcalimétrique complet

On remarque que la source de l'eau souterraine (puits) ont le TAC le plus élevé par rapport à l'autre source ce qui prouve une dissolution des roches carbonatée dans les réservoirs.

### ✓ HCO<sub>3</sub>

La figure III.10 représente la variation de bicarbonate des deux sources.



**Figure III.10 :** Histogramme de variation de bicarbonate

L'eau souterraine (puits) à une teneur élevée

en bicarbonate par rapport à l'autre source, cette teneur confirme son origine bicarbonatée.

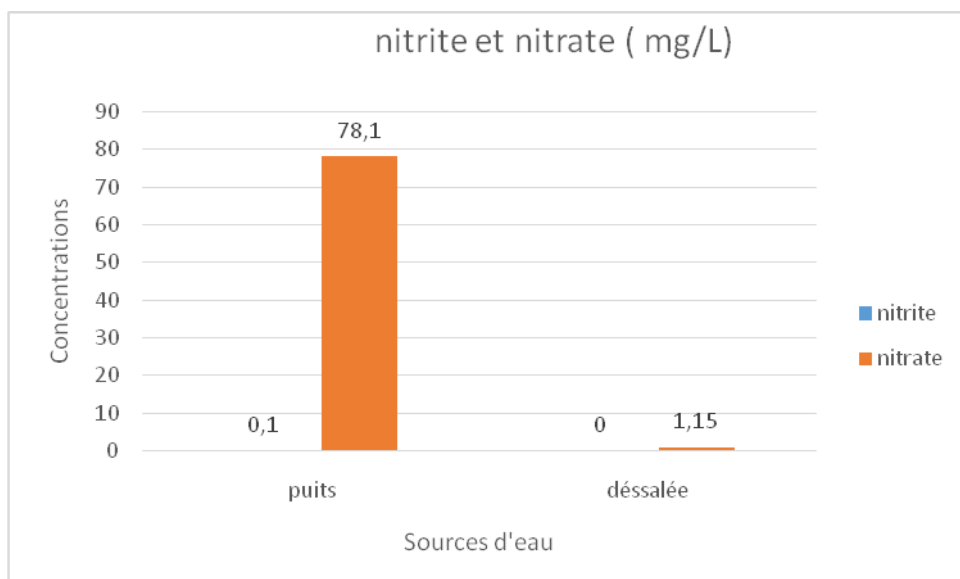
### III.2.3 . Paramètres de pollution

Les paramètres de pollution de l'eau sont l'ammonium, le nitrite, le nitrate et le phosphore

Ont été déterminés pour les sources.

#### III.2.3 .1 $\text{NO}_3^-$ et $\text{NO}_2^-$

La figure III.11 représente l'histogramme de variation de nitrate et de nitrites pour les Sources étudiées.



**Figure III.11 :** Histogramme de variation de nitrates et nitrite



✓  $\text{NO}_2^-$

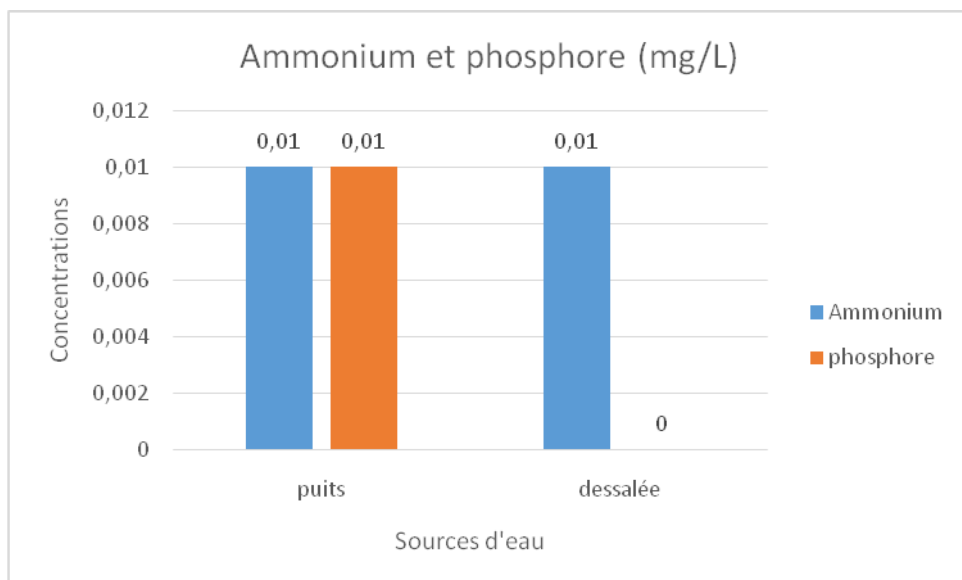
Les nitrites proviennent d'une oxydation incomplète des matières organiques. On voit que les résultats trouvés sont très faibles, alors nos sources sont conformes à la norme ( $< 0.2 \text{ mg/L}$ ). Cela veut dire absence des nitrites pour la source de l'eau dessalée et pour la source de l'eau souterraine (puits) sont enregistrées la valeur  $0,1 \text{ mg/L}$ .

✓  $\text{NO}_3^-$

On remarque que la concentration de nitrate des deux sources étudiées est comprise entre  $1,15-78,1 \text{ mg/L}$  on voit que la concentration de l'eau dessalée se situe dans l'intervalle de nos résultats. Par contre les valeurs de l'eau de puits sont supérieures.

### III.2.3.2. Ammonium et phosphate

La figure III.12 présente la variation de l'ammonium et phosphate des deux sources étudiées.

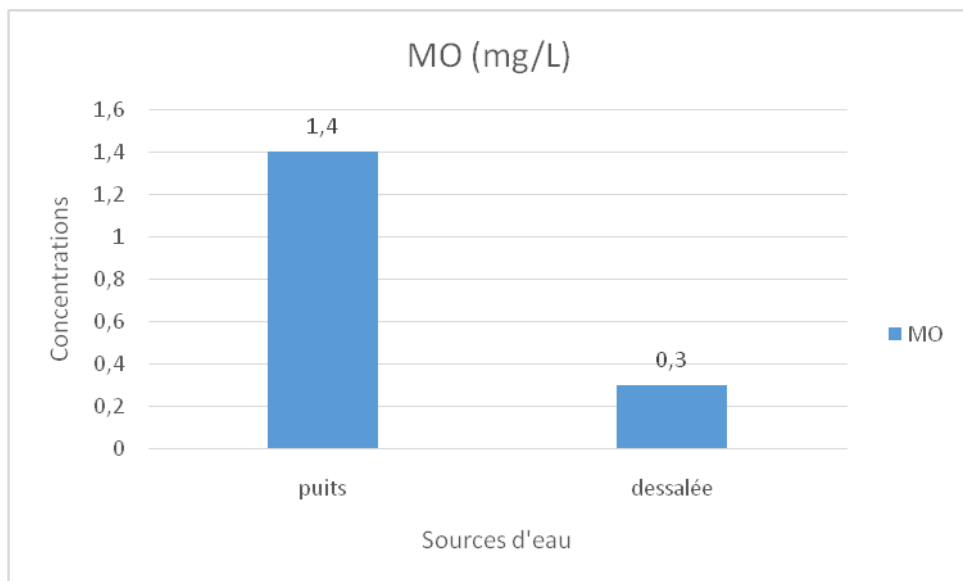


**Figure III.12:** Histogramme de variation d'Ammonium et phosphate

A partir de l'histogramme on remarque que la concentration de l'Ammonium des sources étudiées est la même. Mais on remarque l'absence des ions de phosphate pour la source de l'eau dessalée cependant la concentration de l'autre source (puits) reste au-dessous de la norme ( $< 0.5 \text{ mg/L}$ ).

### III.2 .3 Matière organique

La figure III.13 présente la variation de la matière organique des sources analysées.

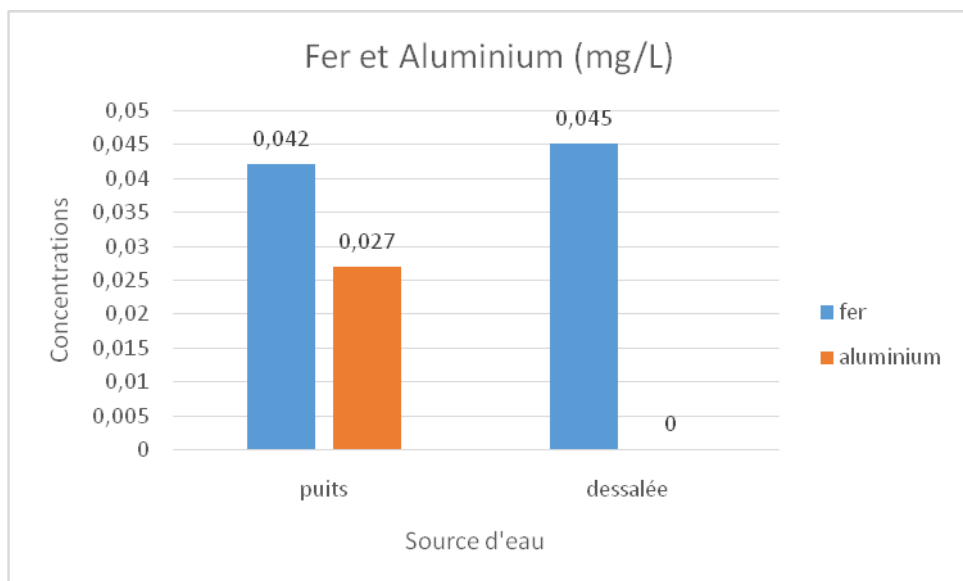


**Figure III.13 :** Histogramme de variation de la matière organique

La concentration de la matière organique varie de 1,4 – 0,3 mg/L. Cela veut dire que les sources étudiées sont faibles en matière organique.

### III.2 .4 Éléments indésirables

La figure III.14 présente la variation des éléments indésirables pour nos sources



**Figure III.14 :** Histogramme de variation des éléments indésirables

✓ **Fe<sup>2+</sup>**

La concentration des ions de fer varie de 0,042 – 0,045 mg/L. On remarque que les eaux

des deux sources restent inférieures à la norme ( $<0.3$  mg/L).

✓  $Al^{3+}$

On remarque l'absence des ions d'aluminium pour la source de l'eau dessalée. Cependant des ions d'aluminium des sources de l'eau souterraine (puits) reste au-dessous de la norme ( $<0.2$  mg/L).

### Ordre des deux sources d'eau analysées

L'utilisation de la représentation graphique nous permet d'analyser rapidement obtenus et facilite également le processus de description de l'eau et comparaison avec d'autres eaux chimiques et physiques similaires.

➤ La première source : « l'eau dessalée »

Ces des eaux douce selon sa dureté TH et elle est chloré sodique a cause :

-La teneur en sodium est plus importante que l'autre cation ( $K^+$ ,  $Ca^+$ ,  $Mg^+$ ,  $Mn^+$ )

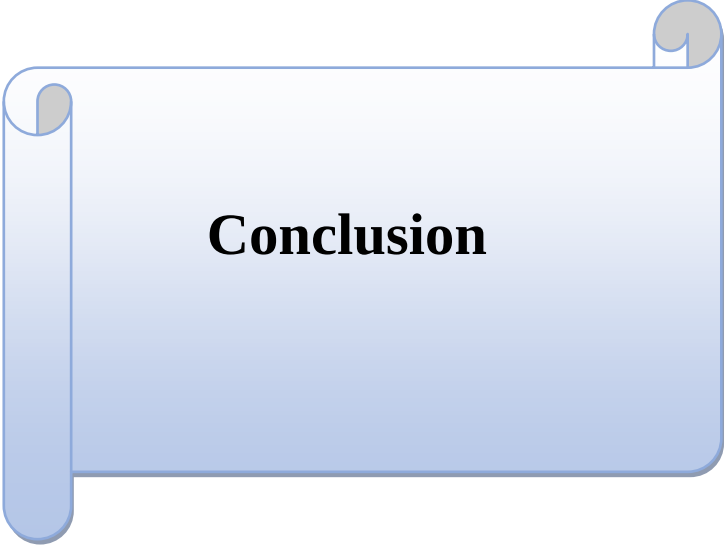
-La teneur en chlore est plus importante que les autres anions ( $HCO_3^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $SO_4^-$ )

➤ La deuxième source : « puits »

Est une eau légèrement douce selon sa dureté et elle est bicarbonaté sodique a cause :

-La teneur en bicarbonaté est plus importante que les autres anions

-La teneur sodium est plus importante que les autres cations.



## **Conclusion**

### Conclusion :

L'eau est une substance transparente, incolore et inodore. C'est le principal composant des cours d'eau, des lacs, des mers et des océans, ainsi que des fluides de tous les organismes vivants. C'est le composé chimique le plus répandu à la surface de la terre.

L'étude a été menée à l'issue de ce modeste travail dans le but d'évaluer et de comparer deux types d'eau de sources différentes, situées dans la région de Mostaganem.

D'après les informations recueillies à partir des prélèvements de points de prélèvement des deux sources, des analyses physico-chimiques ont été réalisées au niveau du laboratoire, et les analyses comprenaient environ 25 éléments essentiels pour déterminer les valeurs minérales de l'eau. Les résultats des analyses qui ont été menées ont conduit aux résultats suivants :

Les résultats des analyses effectuées nous ont conduit à conclure que :

1. Les résultats de nos sources présentent des teneurs relativement faibles en calcium, Sodium, chlorures et bicarbonates.
2. Le phosphate, nitrite, nitrate sont présent en trace et conforme à la norme Algérienne.
3. La présence d'ammonium pour les deux sources en petite quantités indique que la contamination est quasi inexistante.
4. Le fer présent dans les eaux dessalées en grande quantité, cela est lié à la nature des sols ferrallitique, tout en répondent aux normes requises.
6. les deux sources à un PH basique. Comme l'eau dessalée est considérée comme de l'eau douce est exemptée de pollution chimique comme pour l'eau de puits elle est légèrement douce.

Enfin, nous pouvons faire quelques recommandations jugées être utiles pour la préservation de l'eau.

1. La conception et la mise en œuvre d'un programme de surveillance de la qualité et de l'assurance de la conformité.
  2. Le droit des consommateurs à disposer d'informations relatives à la salubrité de l'eau qu'ils consomment l'eau de source :
  3. On suggère au pouvoir public de veiller à la préservation de ces sources contre toutes formes de pollution et mieux gérer et protéger les sources par la délimitation des Périmètres de protection afin de la valorisation et de la commercialisation.
- Qu'ils consomment l'eau de source.



**Références  
Bibliographiques**

## Références bibliographiques

---

### *Références bibliographiques*

- [1]. **HUBERT P. et MARIN M**, « Quelle eau boirons-nous demain ? », 2001, Edition : Fabienne Travers. P 64.
- [2]. **LUNA B. et KENNETH S**, « L'eau », 1972, Edition : Time-Life, P 9.
- [3]. **BERNARD C**, « Introduction » à l'étude de la médecine expérimentale », 2007, édition BiblioBazaar.
- [4]. **ABDESSELEM, A., (1999)**. Suive de la qualité microbiologique et physicochimique de trois serres alimentant de la région de Tlemcen, Mémoire d'ingénieur institut de
- [5]. **BALDERACCHI**, « L'eau dans l'organisme », 2009, Centre national de la Recherche scientifique (CNRS).
- [6]. **Dégréement, 2005**. « Mémento technique de l'eau », Lavoisier- lexique technique de l'eau. Tome 1, 10eme éd. : Tec et doc. P : 3-38.
- [7] .**Nordmann Fet Pinard L-G**, 2000. Chimie de l'eau et corrosion des REP. Dossier N°BN3750.corrosion vieillissement. Matériaux. Technique de l'ingénieur.
- [8].**Durend R, 2001**. L'eau et la vie. Opéra. Nantes. P : 76-86.
- [9]. **Rodier, J., (1996)** - L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 8ème, édition, Paris, pp. 799-780
- [10]. **DEGREMONT, (1989)**. Dégréement. Mémento technique de l'eau : vol 1, 9ème édition. Edition Technique et Documentation Lavoisier, France, 592 p.
- [12] **Alain Maurel**, « Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres et d'autres procédés non conventionnels d'approvisionnement en eau douce », 2006, 2ème édition
- [13]. **KETTAB A**, « Traitement des eaux : Les eaux potables », 1992, Edition : Office des Publications Universitaires. Alger
- [14]. **POMEROL C. et RENARD M**, « Élément de géologie », 1997, 11eme édition : Masson.
- [15]. **BONNIN J**, « Aide-mémoire d'hydraulique urbaine », 1982, Edition. Eyrolles.
- [16]. **DUPONT A**, Hydraulique urbaine, « Hydrologie, captage et traitement des eaux ». Tome 1. 3eme édition : Seyroles. Paris
- [17]. **site internet** : <https://www.aquaportail.com/definition-5538-eau-saline.html>

## Références bibliographiques

---

- [18]. **MAUREL A**, (2006). Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres. 2<sup>ème</sup> Ed. *Lavoisier*. France. 285p.
- [19]. **KETTAB A**, 1992. « Traitement des eaux : Les eaux potables ». Edition : Office des Publications Universitaires. Alger
- [20]. **BOUCHARD M**. (2008). Evolution temporelle et modélisation des coliformes dans une source d'eau potable. Mémoire (M. SC). *Université de Laval*. Québec. 98p.
- [21]. **OLIVAUXY**. (2007). La nature de l'eau. Ed. *Marco Pieter*. France. 563 p.
- [22]. **BOUGIS J**. (2013). Revue des aspects maritimes du dessalement d'eau de mer. *Revue Parlai*. P.p. 1.1—1.13
- [23]. **Hoffmann F., Auly T., Meyer A-M**. (2014). L'eau .Edition : Confluence p.43.
- [24]. **RODIER .J**, (l'Analyse d'eau) .5<sup>ème</sup> édition. (2005).
- [25]. **Rodier**, (2005). L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eaux de mer. 8<sup>ème</sup> édition : Dunod, Paris.
- [26]. **MAHAMAT.B, BESKRIA** : caractéristique physico –chimique des eaux souterraines dans la plaine de Khemis Miliana, mémoire fin d'étude. Centre université de Khemis Miliana (2010).
- [27]. **REJSEK F**. (2002). Analyse des eaux ; Aspects réglementaires et technique.
- [28]. **GEUJONS**, (1995) 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
- [29]. **JOEL. G** : la qualité de l'eau potable, technique et responsabilités, paris, novembre(2003).
- [30]. **SARI .H** : 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 Abou-Berk Belkaid Tlemcen(2014).
- [31]. **Lanteigne J**, (2003). Encyclopédie de l'agora.
- [32]. **Andriamiradis L**, (2005). Mémento technique de l'eau. 8<sup>ème</sup> édition : Dégrément. P : 8.



## Références bibliographiques

---

- [33]. **Joël G** ; (2003).La qualité de l'eau potable, technique et responsabilités, Paris, Novembre.
- [34]. **Jean Luc Celleric**, (2002).La dégradation de la qualité de l'eau dans le réseau.
- [35].**BERNE, F., JEAN, C., (1991)**. Traitement des eaux, éditionTECHNIP.306 p
- [36]. **Codex Stan et Coin**, (1981). La pratique de l'eau : usages domestiques. Collectif et industriel. Edition : Moniteur. Paris. P : 3-29-326-327.
- [37].**GAUJOUS, D** : la pollution de milieux aquatique, aide-mémoire 2ème Edition.
- [38] .**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.
- [39]. **WHO (World Heath Organisation)**, (1994).Directive de qualité de l'eau de boisson. Critères d'hygiène. 2eme édition. Vol 2.Genève.
- [40]. **Mens et Derouane**, 2000 ; Etat des nappes de l'eau souterraine de Wallonie.
- [41]. **Menad K et Metadger**, (2012). Traitement des eaux saumâtre par l'osmose inverse cas de l'eau de Khemis Miliana. Université Khemis Miliana.
- [42]. **Berne .et cordonnier 1991**
- [43].**BOURGEOIS, R., C-M., MESCLE, J-F., et ZUCCA, J., (1991)**.Microbiologie alimentaire. Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Tome1.Edition : Lavoisier. Tec et Doc.p :260-261.
- [44] .**SAHRAOUI.N** : 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 (2015).
- [45]. **Rejsek F, 2002**. Analyse des eaux ; aspect réglementaire et technique. Edition .Scérén . France. P : 45-54.
- [46]. **ISO 0586, (1984)** .Qualité de l'eau Dosage de calcium-Méthode titrimétrique à L'EDTA.
- [47]. **Rodier J, (2005)**. L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eaux de mer. 8 ème édition : Dunod, Paris.

## Références bibliographiques

---

- [48]. **ISO 0586**, (1984) .Qualité de l'eau Dosage de calcium-Méthode titrimétrique à L'EDTA.
- [49].**POTELON J-L ., ZYMAN K., (1998)**. Le guide des analyses d'eau potable, la lettre du cadre territorial.
- [50] .**MAKHOUKH.M** : contribution à l'étude physico- chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya. Maroc(2011)
- [51]. **CIE. (2005)**. Centre d'information sur l'eau.[www.Cieau.com](http://www.Cieau.com).
- [52] .Manuel d'exploitation et d'entretien de l'usine de dessalement de Mostaganem.
- [53] Dessalement de l'eau de mer ; Dessalement [tpe.e-monsite.com](http://tpe.e-monsite.com)
- [54]. Loren BERTHET, Isabelle JACQUET, Audrey PROVASI Ethique des Affaires master2
- [55]. Dossier thématique-La Cité de la Mer-Technopole Cherbourg-Normandie
- [56]. **ISO 6058** : (1984). Qualité de l'eau dosage de calcium-Méthode titrimétrique à 'EDTA.
- [57]. **HAMADI W., 2011** : Qualité hygiénique et caractéristiques physicochimiques des eaux domestiques de quelques localités de la cuvette d'Ouargla. Thèse de Magistère en Micro biologie Uni de Ouargla ; 12 pages.
- [58]. **MOUNI L., 2000** : Etude et caractérisation physico- chimique des rejets dans l'oued SOUMMAM. Thèse de Magistère en Génie des procédés .Uni . De BEJAIA ; 149 Pages.
- [59] .**ALEXEEV V. ,1980** : Analyse quantitative. 4Ed.- MOSCOU : Mir, 1980.-592P
- [60].**MOUTIN T., JOUANDET M.P. BEKER B., 2008** : Travaux pratique de chimie des eaux.
- [61]. **RODIERJ** ,1976. L'analyse de l'eau. Eau naturelles, eau résiduaires, eau de mer. 5ème édition Ed. Dunod, paris.