

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبو بكر بلقايد – تلمسان -

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID



كلية التكنولوجيا

Faculté de Technologie



قسم الري

Département d'Hydraulique

*Mémoire de projet de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de  
MASTER En Hydraulique :*

*Option : Technologie de traitement des eaux.*

## **Etude expérimentale sur les différents procédés d'analyses de l'eau de mer de Souk Tlata**

Soutenu le 15/06/ 2015.

Par : M<sup>elle</sup> FATIMA ZAHRA TOUNSI

Devant les membres du Jury :

Mr TERKI HASSAINE

Président

Mme K.BABA AHMED

Examinatrice

Mme H.DJEDID

Examinatrice

Mr A.CHIBOUB FELLAH

Encadreur

Mr M.HABI

Co-encadreur

*PROMOTION : 2014 – 2015*

## **Remerciement :**

*Je remercie en premier lieu ALLAH tout puissant pour m'avoir accordé la puissance, la patience, le courage et la volonté de terminer ce modeste travail.*

*Mes remerciements vont d'abord à mes encadreurs **Mr A CHIBOUB FELLAH** et **Mr M HABI** qui, avec leurs expériences, m'ont guidé le long de la réalisation de ce travail. Leurs conseils et recommandations ont été précieux pour l'aboutissement de ce travail.*

*Je tiens aussi à remercier Mme **K. BABA AHMED** et Mme **H. DJEDID** pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce mémoire en acceptant de l'examiner. Mes vifs remerciements vont à **Mr T. TERKI HASSAINE** pour m'avoir fait l'honneur de présider le jury de soutenance.*

*Je remercie aussi tous mes enseignants du département d'Hydraulique et tous les enseignants qui ont participé à notre formation depuis la première année primaire.*

*J'exprime également mes vives remerciements à l'ensemble du personnel de la station de dessalement de l'eau de mer de **SOUK TLATA** pour leurs accueils, leurs aides précieuses et le soutien moral qu'ils n'ont pas hésité à m'apporter.*

*À tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à l'élaboration de ce travail.*

# Dédicaces

*J'adresse mes remerciements par un grand respect et gratitude à mes très chers « parents » qui sont la lumière de ma vie, qui ont tant souffert et se sont sacrifiés pour que je sois heureuse, pour leurs conseils, leurs affection et leurs encouragements.*

*Et je le dédie :*

*À mes deux chères sœurs Somia et Chaima*

*À toute la famille « TOUNSI » et « LALMI »*

*À tous mes chères amies*

*À mes sœurs et frères de la promotion « technologie et traitement des eaux » 2013/2015, pour tout ce que nous avons partagé, échangé ensemble durant ces années.*

*À tous les gents qui ont contribué à ma réussite de près ou de loin.*

# *Tables des matières*

Remerciement	
Dédicaces	
Table des matières	
Liste des tableaux	
Liste des Figures	
Liste des abréviations	
Introduction générale.....	1
<b>Partie I : Partie théorique</b>	
<b>Chapitre I : Généralité sur les eaux</b>	
I.1. Introduction :.....	2
I .2. Définition de l'eau :.....	2
I .1.1.L'eau potable : .....	3
I .1.2.L'eau brute : .....	3
I.2.Les différentes formes d'eau : .....	3
I.2.1.Eau liquide : .....	4
I.2.2.Eau Vapeur :.....	4
I.2.3.Eau solide :.....	4
I.3.Le Cycle de l'eau :.....	4
I.3.Les propriétés de l'eau : .....	5
I.3.1.Propriétés physiques :.....	5
I.3.1.1.Viscosité :.....	5
I.3.1.2.Masse volumique :.....	5
I.3.1.3.Propriétés thermique :.....	6
I.3.1.4.Tension superficielle : .....	6
I.3.1.6.Propriétés optique : .....	6
I.3.1.7.Impuretés dans l'eau :.....	6
I.3.2.Propriétés chimiques : .....	7

I.3.2.1.L'eau solvant :	7
I.3.2.2.Ionisation :	7
I.3.2.3.Oxydoréduction :	7
I.4.La pollution des eaux :	7
I.4.1.Les Polluants chimiques :	7
I.4.1.1. Les sels minéraux :	8
I.4.1.2.Les composés toxiques :	8
I.4.2. Les polluants biologiques :	8
I.4.3. Les polluants radioactifs :	9
I.5. Risques liés à la mauvaise gestion de l'eau :	9
I.5.Conclusion :	10
<b>Chapitre II : Qualité de l'eau</b>	
II.1. Introduction :	11
II.2.L'eau potable et normes de potabilité :	11
II.3.1 .La couleur :	11
II.3.2 .Le goût et l'odeur :	12
II.3.3.Turbidité :	12
II.4.Paramètres physicochimiques :	12
II.4.1 .Température :	12
II.4.3.conductivité :	12
II.4.4.La dureté total ou titre hydrométrique :	13
II.4.6.Sels dissous totaux :	13
II .4.7.Le titre alcalimétrique :	14
II.4.8.Les cations majeurs :	14
II.4.8.1.Le calcium ( $Ca^{2+}$ ) :	14
II.4.8.3.Sodium ( $Na^+$ ) :	14
II.4.8.4.Potassium ( $K^+$ ) :	14
II.4.9.1.Chlorure ( $Cl^-$ ) :	14

II.4.9.2. Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) et les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) :	15
II.4.9.3. Les sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) :	15
II.4.9.4. Les carbonates et bicarbonates :	15
II.4.10. Les métaux lourds :	15
II.4.10.1. Le plomb :	15
II.4.10.2. Le zinc :	16
II.4.10.3. Le Cadmium :	16
II.4.10.4. Le cuivre :	16
II.4.10.5. Le fer :	16
II.4.10.6. Le bore :	17
II.5. Les paramètres bactériologiques :	17
II.5. 1. Les germes totaux :	17
II.5. 2. Les coliformes totaux :	17
II.5.4. Les streptocoques fécaux :	18
II.6. Conclusion :	18

### **Chapitre III : Dessalement de l'eau de mer**

III.1. Introduction :	21
III.2. Historique :	21
III.3. Composition et salinité de l'eau de mer :	21
III.4. Définition de dessalement :	23
III.5. Dessalement en Algérie :	23
III.6. Le processus de dessalement de l'eau de mer :	25
III.6.1. Schéma générale d'une installation de dessalement :	25
III.6.2. La prise de l'eau de mer :	26
III.6.3. Le prétraitement :	26
III.6.3.1. Chloration :	26
III.6.3.2. prétraitement conventionnel :	26
III.6.3.2. 1. Coagulation –floculation :	26

III.6.3. 3. Prétraitement par procédé membranaire : .....	28
III.6.3. 3. 2. Ultrafiltration : .....	28
III.6.4.Procédés de dessalement: .....	29
III.6.4.2.Les procédés d'échange ionique : .....	31
III.6.4.3. Les procédés de distillation : .....	31
III.6.4.Le post-traitement : .....	34
III.6.4.1.Désinfection : .....	34
II.6.4.1.Correction de l'agressivité de l'eau : .....	34
II.7.Conclusion : .....	34

## **Partie II : partie expérimentale**

### **Chapitre IV : Description de la station**

IV. Introduction : .....	35
IV.1.Situation géographique : .....	35
IV.1.1. Relief : .....	36
IV.1.2. Cadre climatique : .....	36
IV.2.caractéristique de la mer: .....	37
IV.3. Présentation de la station du dessalement : .....	37
IV.4. Processus du dessalement appliqué dans la station du dessalement de Souk Tlata : .....	38
IV.4. 1.Prise d'eau de mer : .....	39
IV.4.2. La chloration : .....	39
IV.4.3.La filtration mécanique : .....	39
IV.4.4. Station de pompage de l'eau de mer : .....	40
IV.4.5. Système d'ultrafiltration : .....	40
IV.4.5.1. Le système de rétrolavage (backwash) : .....	41
IV.4.5.2. Le nettoyage en place (CIP) : .....	41
IV.4.5.3. Réservoir d'eau filtrée : .....	42
IV.4.6.L'étape d'osmose inverse : .....	42
IV.4.6.1.Dosage d'antitartre : .....	42

IV.4.6.2. Les pompes d'alimentation d'osmose inverse : .....	42
IV.4.6.3. Le système de récupération d'énergie : .....	42
IV.4.6.4. Les pompes à haute pression : .....	42
IV.4.6.5. Unités d'osmose inverse : .....	43
IV.4.6.6. Réservoir de l'eau dessalée : .....	44
IV.4.5.7. Le système de nettoyage des membranes d'osmose inverse : .....	44
IV.7. Post Traitement : .....	44
IV.6.1. La désinfection finale : .....	44
IV.6.2. Reminéralisation (dosage du dioxyde de carbone et de la chaux) : .....	44
IV.7. Réservoir d'eau traitée : .....	45
IV.8. Station de pompage de l'eau traitée : .....	45
<b>Chapitre V : Méthodes et matériels</b>	
V.1. Introduction : .....	46
V.2. Echantillonnage et mode de prélèvement : .....	46
V. 3. Analyses physico-chimiques : .....	47
V.4. Les facteurs organoleptiques : .....	49
V .4.1. La couleur : .....	49
V.4 .2. La turbidité : .....	50
V.5. Paramètres physico-chimiques de l'eau : .....	51
V.5.1. pH: .....	51
V.5.2. Conductivité électrique : .....	52
V.5.3. Alcalinité total : .....	54
V.5.4. Titre hydrométrique : .....	55
V.5.5. La matière solide dissoute totale (TDS) : .....	56
V.5.6. Total de solides en suspension TSS : .....	58
V.5.7. Indice de Langelier de saturation (LSI) : .....	59
V.5.7. Le chlore libre : .....	60
V.6. Dosage des ions majeurs et du Bore : .....	61
V.6.1. Cations majeurs .....	63

V.6.3. Bore :.....	73
--------------------	----

## **Chapitre VI : Résultats et interprétation**

VI.1. Introduction :.....	76
VI.2. Eau de mer :.....	76
VI.2.1.Variation des paramètres organoleptiques :.....	79
VI.2.1.1.Couleur :.....	79
VI.2.1.2.Odeur :.....	79
VI.2.1.4.Turbidité :.....	79
VI.2.2.Variation des paramètres physico-chimiques :.....	80
VI.2.2.1.Température :.....	80
VI.2.2.2.Potentiel d'hydrogène :.....	80
VI.2.2.3.Conductivité électrique :.....	80
VI.2.2.4.Total de solides dissouts :.....	80
VI.2.2.5.Totale de solides en suspension :.....	80
VI.2.2.6.Bore :.....	80
VI.2.2.7.Minéralisation pour les cations :.....	80
VI.2.2.8.Minéralisation pour les anions :.....	80
VI. 3.Eau traitée :.....	81
VI.3.1.Les paramètres organoleptiques :.....	82
VI.3.1.1.La couleur :.....	82
VI.3.2.Variation des paramètres physico-chimiques :.....	86
VI.3.2.1.pH :.....	86
VI.3.2.1.température :.....	86
VI.3.2.2.Alcalinité :.....	86
VI.3.2.3.Titre hydrométrique (TH) :.....	86
VI.3.2.4.La matière solide dissoute totale (TDS) :.....	87
VI.3.2.5.Conductivité électrique (CE) :.....	87
VI.3.2.7.Indice de saturation de Langelier (LSI) :.....	87

VI.3.3.Variation des ions majeurs et le Bore :.....	92
VI.3.3.1.Bromate : .....	92
VI.3.3.2.Nitrate et nitrite : .....	92
VI.3.3.3.Sodium : .....	93
VI.3.3.4.Potassium : .....	93
VI.3.3.5.Calcium : .....	93
VI.3.3.6.Magnésium :.....	93
VI.3.3.6. Chlorure :.....	93
VI.3.3.7.Sulfate :.....	93
VI.4.3.8. Bore : .....	93
VI.3.3.9.Minéralisation pour les cations : .....	94
VI.3.3.10.Minéralisation pour les anions :.....	94
Conclusion général.....	95
ANNEXE.....	96

## *Liste des tableaux*

<b>Tableau III.1</b> : composition chimique de l'eau de mer.....	22
<b>Tableau III.2</b> : Les principales unités de dessalement en Algérie .....	24
<b>Tableau IV.1</b> : Caractéristiques de l'eau de mer de Souk Tleta.....	37
<b>Tableau V.1</b> : Paramètres mesurés et méthodes d'analyses, de mesures et de calculs utilisés.....	48
<b>Tableau V.2</b> : Caractéristiques de la Chromatographie Metrohm Compact IC 881 pro Cation.....	64
<b>Tableau V.3</b> : Caractéristiques de la Chromatographie Metrohm Compact IC 881 pro anion.....	65
<b>Tableau V.4</b> : Les concentrations des solutions d'étalonnage du chromatographie ionique (anions).....	68
<b>Tableau VI.1</b> : Les résultats de l'eau de mer après tamisage.....	77
<b>Tableau IV.2</b> : Résultats des analyses organoleptiques des échantillons d'eau traitée.....	81
<b>Tableau IV.4</b> : Les concentrations des bromates, nitrates et nitrites des échantillons a analysées.....	88
<b>Tableau A1</b> : Description des échantillons prélevés.....	96
<b>Tableau A.2</b> : Résultats des paramètres physico-chimiques des échantillons analysés de l'eau traitée.....	97
<b>Tableau A.3</b> : Résultats des ions majeurs et le bore des échantillons analysés de l'eau traitée.....	98
<b>Tableau A .4</b> : Les résultats de la minéralisation pour les cations, anions et totale de l'eau traitée.....	99
<b>Tableau A.5</b> : Lignes directrices de l'OMS 2006 en ce qui concerne qualité de l'eau potable.....	100
<b>Tableau A.6</b> : Paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine (Journal Officiel de la république algérienne, Mars 2011).....	101

## *Liste des figures*

<b>Figure I.1:</b> la molécule d'eau.....	2
<b>Figure I. 2 :</b> Les différentes formes de l'eau.....	3
<b>Figure I.3 :</b> Le cycle de l'eau.....	5
<b>Figure III.1:</b> Schéma général d'une station de dessalement par O.I.....	25
<b>Figure III.2:</b> Coagulation floculation.....	26
<b>Figure III.3 :</b> Les opérations de filtration membranaire selon la taille des pores et des espèces retenues.....	29
<b>Figure III.4 :</b> L'électrodialyse.....	30
<b>Figure III.5 :</b> Mise en évidence de l'osmose inverse.....	31
<b>Figure III.7 :</b> Distillation a simple effet.....	32
<b>Figure III.8 :</b> Schéma de principe d'un système d'évaporateurs multiples effets.....	33
<b>Figure III.9:</b> Distillateur à Multi stage flash.....	34
<b>Figure IV.1 :</b> Station de dessalement de Souk Tlata réelle et en 3D.....	35
<b>Figure IV.2 :</b> Processus du dessalement appliqué dans la station de dessalement de Souk Tleta.....	38
<b>Figure IV.3:</b> Le gros dégrilleur.....	40
<b>Figure IV.4:</b> Les Tamis fin rotatifs.....	40
<b>Figure IV.5:</b> Les modules d'ultrafiltration.....	41
<b>Figure IV.6 :</b> Pompe à haute.....	43
<b>Figure IV.7:</b> Unités d'osmose inverse.....	43
<b>Figure IV.8 :</b> Réservoir d'hypochlorite de sodium utilisé pour la désinfection finale....	44
<b>Figure IV.9:</b> Système de dosage du CO <sub>2</sub> .....	45
<b>Figure IV.10:</b> Système de dosage de la chaux.....	45
<b>Figure IV.11:</b> Station de pompage de l'eau traitée.....	45
<b>Figure V.1:</b> Colorimètre HACH DR 890.....	49
<b>Figure V.2:</b> Turbidimètre.....	50
<b>Figure V.3:</b> pH mètre (HACH sonsIONtm pH 31).....	51
<b>Figure V.4 :</b> Conductimètre (HACH sonsIONtm EC7).....	52
<b>Figure V.5 :</b> Papier filtre.....	57
<b>Figure V.6 :</b> Etuve à convection naturelle ED53-BINDER.....	57
<b>Figure V.7 :</b> Spectromètre HACH DR 2700.....	59
<b>Figure V.8 :</b> Colorimètre HACH DR 890.....	61

<b>Figure V.9 :</b> Chromatographie ionique (881 Compact IC pro).....	61
<b>Figure V.10:</b> Schéma général des différentes étapes de la chromatographie.....	63
<b>Figure V.11 :</b> Courbe d'étalonnage de Sodium.....	66
<b>Figure V.12:</b> Courbe d'étalonnage de Magnésium.....	66
<b>Figure 13 :</b> Courbe d'étalonnage de potassium.....	67
<b>Figure V.14 :</b> Courbe d'étalonnage de Calcium.....	67
<b>Figure V.15 :</b> Courbe d'étalonnage de Bromate.....	71
<b>Figure V.16:</b> Courbe d'étalonnage de Chlorure.....	71
<b>Figure V.17 :</b> Courbe d'étalonnage de Nitrite.....	72
<b>Figure V.18:</b> Courbe d'étalonnage de Nitrate.....	72
<b>Figure V.19 :</b> Courbe d'étalonnage de Sulfate.....	73
<b>Figure VI.1 :</b> La variation de la turbidité de l'eau de mer.....	76
<b>Figure VI.2 :</b> La variation de température de l'eau de mer.....	76
<b>Figure VI.3 :</b> La variation de concentration de l'eau de mer en cations.....	78
<b>Figure VI.4 :</b> La variation de concentration de l'eau de mer en anions.....	78
<b>Figure VI.5 :</b> La variation de minéralisation totale de l'eau de mer.....	79
<b>Figure VI.6:</b> La variation de pH de l'eau traitée.....	82
<b>Figure VI.7 :</b> La variation de température de l'eau traitée.....	83
<b>Figure VI.8 :</b> La variation de l'alcalinité de l'eau traitée.....	83
<b>Figure VI.9 :</b> La variation de la dureté de l'eau traitée.....	84
<b>Figure VI.10 :</b> La variation de TDS de l'eau traitée.....	84
<b>Figure VI.11:</b> La variation de la conductivité électrique.....	85
<b>Figure VI .12 :</b> Concentration d'eau traitée en chlore	85
<b>FigureVI.13 :</b> La variation d'indice de Langelier de l'eau traitée.....	86
<b>Figure VI.14 :</b> Concentration du sodium dans l'eau traitée comparé aux normes algériennes (NA) et d'OMS.....	89
<b>Figure VI.15 :</b> Concentration du potassium dans l'eau traitée comparé aux normes algériennes(NA) et d'OMS.....	89
<b>Figure VI.16:</b> Concentration de calcium dans l'eau traitée comparé aux normes algériennes(NA) et d'OMS.....	90
<b>Figure VI.17:</b> Concentration de magnésium dans l'eau traitée comparé aux normes algériennes(NA) et d'OMS.....	90
<b>Figure VI.18 :</b> Concentration du chlorure dans l'eau traitée comparé aux normes algériennes(NA) et d'OMS.....	91

<b>Figure VI.19:</b> Concentration du bore dans l'eau traitée comparée algériennes(NA) et d'OMS.....	91
<b>Figure VI.20 :</b> Concentration de bore dans l'eau traitée comparée aux normes algériennes(NA) et d'OMS.....	92
<b>Figure VI.21:</b> La variation du concentration de l'eau traitée en(cations, anions et minéralisation totale).....	94

## *Liste des abréviations*

**DMA** : Dosage maximale admissible

**UCV** : Unité de couleur variante.

**°F** : Degrés Français

**°C**: Degré Celsius

**ERS**: Système de récupération d'énergie

**SMBS** : Métabisulfite de sodium

**CIP** : Nettoyage en place

**EDTA** : Ethyle Diamine Tétracétique

**ERS** :Energy Récupération Système

**LSI** : Indice de Saturation de Langelier

**Pt/Co** : Platine-Cobalt

**NTU** : Unité de Turbidité Néphélométrie

**pH**: Potentiel d'hydrogène

**S** : Siemens

**ppm**: Partie par million

**O.M.S** : Organisation Mondial de Santé

**O.I** : Osmose Inverse

**TDS** : Total de solides dissouts

**TSS**: Total de solides en suspension

**UF** : Ultrafiltration

**TA**: Titre alcalimétrique

**TAC**: Titre alcalimétrique complet

**TH**: Titre hydrotimétrique

**EC**: Conductivité électrique

L'eau est la matière la plus précieuse dans le monde. Toutes les civilisations anciennes ont été construites au tour des sources d'eau. Notre planète est appelée planète bleue parce qu'elle est constituée de plus de 71% d'eau, soit 1380 millions de km<sup>3</sup>. En effet, l'essentiel de cette quantité est constitué d'eau de mer (97,2%) et de glace (2,15 %) inutilisables directement.

Les besoins en eau de bonne qualité et en quantité abondante ont augmenté avec la croissance démographique et le développement industriel, particulièrement en Algérie, ce qui pousse les gouvernements à trouver des solutions durables.

Dans cette quête de l'eau et la recherche de la satisfaction des besoins en eau potable, la construction des stations de dessalement de l'eau de mer est l'une des solutions les plus efficaces et audacieuses qui ait été réalisée. [1]

Pour pallier aux besoins en eau potable, l'état Algérien a implanté la station de dessalement de Souk Tleta, se trouvant au Nord-Ouest de l'Algérie, d'une capacité de 200 000 m<sup>3</sup>/j, à fin de desservir en eau potable les habitants des communes avoisinantes.

Dans cette optique, une étude est menée qui a comme objectif l'exploration de différentes méthodes d'analyses de l'eau de mer de Souk Tlata et les caractéristiques physico-chimiques des eaux brutes et des eaux traitées de la station en question .

Ce modeste travail, consiste à réaliser après une première partie qui est une synthèse bibliographique, une deuxième partie consacrée aux différents procédés d'analyses de l'eau de mer de Souk Tlata et la dernière partie portera sur les résultats obtenus et leurs interprétations.

### I.1. Introduction :

« L'eau est source de vie a-t-on coutume de dire et sans eau, il n'y a pas de vie».

L'eau est un élément naturel d'une importance primordiale, indispensable à toute forme de vie, l'eau est une richesse nécessaire à toutes activités humaines, c'est un facteur de production déterminant dans le développement durable, elle devient de plus en plus au centre des intérêts stratégiques.

Pour son bien être l'homme a appris à maîtriser l'eau, mais en même temps il l'a rend impropre et polluée et devient dans ce cas une menace pour la vie et un obstacle pour la santé et les progrès des populations. De manière générale la santé de l'homme est altérée si l'eau dont il dispose est de mauvaise qualité ou bien si elle est polluée par des agents pathogènes. Actuellement on remarque que les maladies liées à l'eau sont de plus en plus répondues et qu'elles présentent des variations considérables sur le plan de leur nature et de leur mode de transmission [2].

### I.2. Définition de l'eau :

L'eau n'est pas seulement un ensemble de molécules  $H_2O$  (deux atomes d'hydrogène et un atome d'oxygène).

Elle contient en réalité naturellement une très grande variété de matières dissoutes, inertes ou vivantes : des gaz, des substances minérales ou organiques, des microorganismes (bactéries, virus, planctons), ainsi que des particules en suspension (fines particules d'argiles, limons et déchets végétaux)[3].

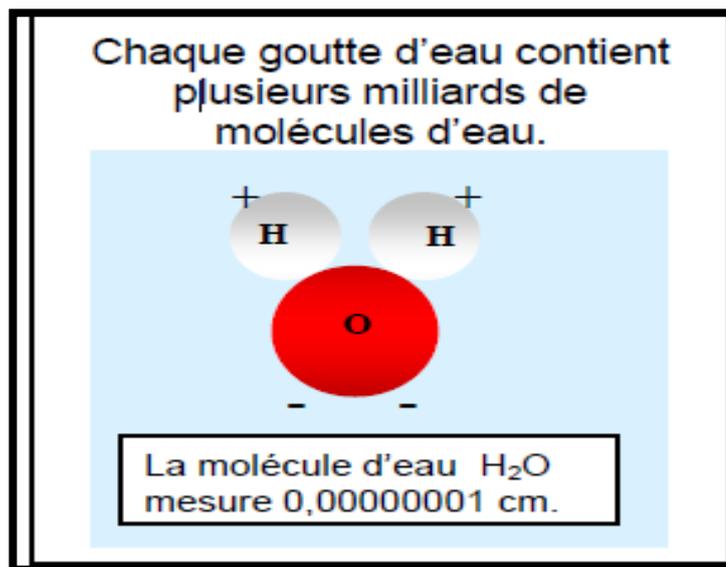


Figure I.1: la molécule d'eau [3].

### I.1.1.L'eau potable :

La définition d'une eau potable est très malaisée.

C'est en effet un terme générique qui ne peut s'appuyer sur un type unique, car toute eau que l'on peut consommer sans danger peut être considérée comme potable.

A cette notion de danger potentiel peut se superposer une notion d'agrément vis-à-vis du goût et même de confort (aspect, température).

On pourrait dire, qu'une eau destinée à la consommation humaine doit :

- être raisonnablement minéralisée,
- être raisonnablement colorée et limpide,
- assurer de ne pouvoir nuire à la santé,
- assurer de ne pas voir ses qualités altérées par le temps,
- ou les conditions de son transport [4].

### I.1.2.L'eau brute :

L'eau brute désigne celle qui n'a pas été traitée, c'est-à-dire, l'eau dans l'état où elle est prélevée dans le milieu naturel, et qui n'est pas été introduite dans le réseau de distribution [5].

## I.2.Les différentes formes d'eau :

On trouve l'eau sur terre en plusieurs formes, liquide, vapeur et solide. Le passage d'un état à un autre (figure I.2) est appelé changement de phase [6].

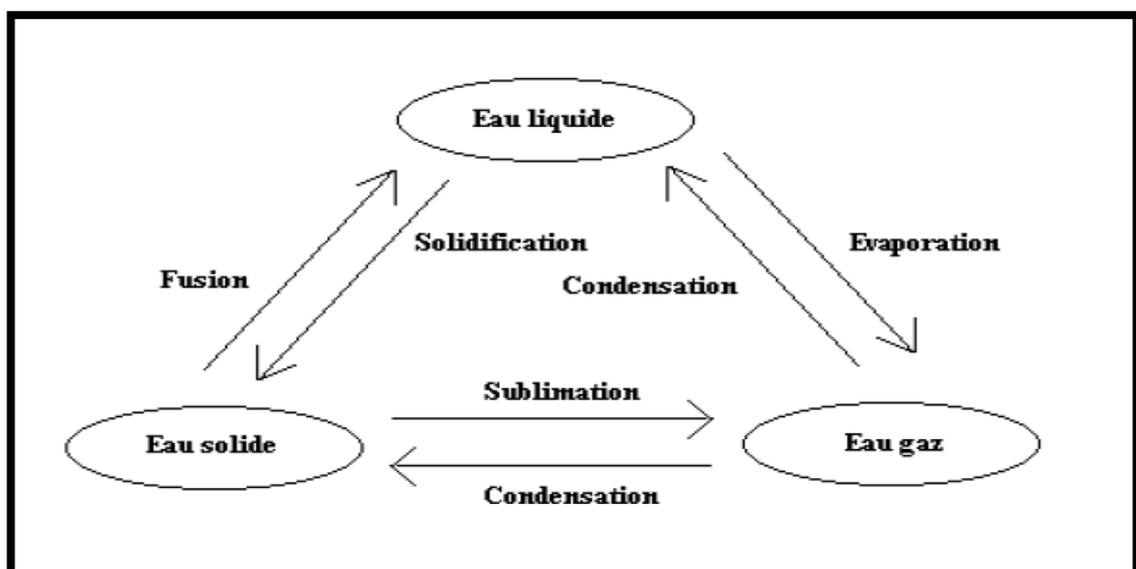


Figure I. 2 : Les différentes formes de l'eau [6].

### **I.2.1.Eau liquide :**

L'eau est un composé chimique qui se trouve en général à l'état liquide, à température ambiante et pression atmosphérique normale[7].

### **I.2.2.Eau Vapeur :**

La vapeur d'eau est incolore, mais elle est rendue « visible » par la présence de fines gouttelettes d'eau en suspension dans l'air, dues à la condensation instantanée de la vapeur elle même.

La vapeur d'eau, ou vapeur, est l'eau à l'état gazeux. Sa température est donc supérieure à la température d'ébullition de l'eau liquide, ou à la température de sublimation de la glace lorsque la pression est inférieure à la pression de 615 Pa et la température est inférieure ou égale à 0°C [7].

### **I.2.3.Eau solide :**

La glace est l'eau à l'état solide, lorsque sa température est inférieure à la température de fusion qui est de 0 °C (273.15 K). Cependant, en l'absence de cristal de glace, de l'eau calme peut être refroidie à des températures inférieures à 0 °C sans se congeler, dans un état d'équilibre instable appelé surfusion et atteindre ainsi des températures allant jusqu'à -20 °C.

La température de fusion de la glace sert de point fixe pour la définition originelle de l'échelle de températures Celsius[7].

## **I.3.Le Cycle de l'eau :**

L'eau, élément sous trois formes (liquide, l'état gazeux et solide), parcourt un cycle éternel.

L'évaporation lente et incessante des fleuves, des lacs et des mers provoque la formation dans la haute atmosphère, de nuages qui par condensation se transforment en pluie. Une fraction des eaux de pluie ruisselle à la surface du sol et va grossir les cours d'eau et les lacs, d'où elle est sujette d'une part à l'évaporation d'autre part à l'infiltration à travers le sol. Une partie des eaux d'infiltration est reprise par la végétation qu'elle alimente avant d'être rejetée dans l'atmosphère c'est l'évapotranspiration. L'autre partie s'accumule dans le sous sol pour former des nappes souterraines qui, à leur tour peuvent former des sources émergentes à la surface du sol [9].

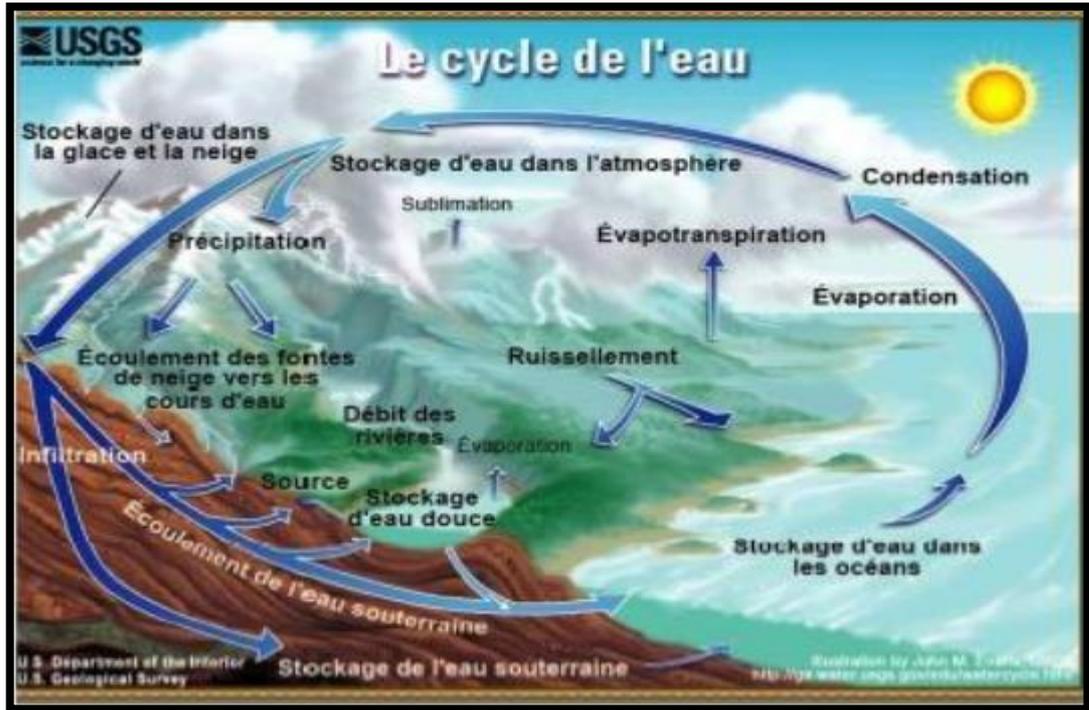


Figure I.3 : le cycle de l'eau [9].

### I.3. Les propriétés de l'eau :

#### I.3.1. Propriétés physiques :

##### I.3.1.1. Viscosité :

C'est la propriété que présente un fluide (liquide ou gaz) d'opposer une résistance aux divers mouvements soit internes (exemple : turbulence), soit globaux (exemple: écoulement). Elle est à la base des pertes de charge et joue donc un rôle important en traitement d'eau. Elle diminue lorsque la température croît.

Par contre, elle augmente avec la teneur en sels dissous; l'eau de mer est donc nettement plus visqueuse que l'eau de rivière [10].

##### I.3.1.2. Masse volumique :

La masse volumique varie avec la température et la pression, elle passe par un maximum à environ 4 °C. Cette propriété entraîne diverses conséquences, aussi bien dans la nature que dans les stations de traitement. L'eau est considérée comme un fluide incompressible [11].

##### I.3.1.3. Propriétés thermique :

L'importance des propriétés thermiques comme la chaleur massique et les enthalpies fait que les grandes étendues d'eau à la surface de la terre constituent de véritables volants thermiques [12].

#### **I.3.1.4.Tension superficielle :**

Elle caractérise une propriété des interfaces (surfaces limitant deux phases). Elle est définie comme une force de traction qui s'exerce à la surface du liquide en tendant toujours à réduire le plus possible l'étendue de cette surface.

La tension superficielle diminue avec l'augmentation de la température [10].

#### **I.3.1.5.Propriétés électrique :**

L'eau est légèrement conductrice. La conductivité de l'eau la plus pure que l'on ait obtenue est de 4,2 micros siemens par mètre à 20 °C. Elle augmente lorsque des sels sont dissous dans l'eau et elle varie en fonction de la température [11].

#### **I.3.1.6.Propriétés optique :**

La transparence de l'eau dépend de la longueur d'onde de la lumière qui la traverse. Si l'ultraviolet passe bien, l'infrarouge, si utile au point de vue physique et biologique, pénètre à peine.

L'eau absorbe fortement l'orangé et le rouge dans le visible, d'où la couleur bleue de la lumière transmise en couche épaisse [10].

#### **I.3.1.7.Impuretés dans l'eau :**

Les impuretés présentes dans l'eau constituent deux catégories :

- Matières en suspension : matières minérales ou organiques qui restent en suspension du fait de la turbulence de l'eau ou de leur densité trop voisine de celle de l'eau, elles sont sans interférence importante avec l'eau qui les entoure.
- Matières dissoutes : elles concernent des composés minéraux ou organiques, macromoléculaires, ainsi que des gaz souvent très solubles dans l'eau [11].

### **I.3.2.Propriétés chimiques :**

#### **I.3.2.1.L'eau solvant :**

Le pouvoir solvant de l'eau provoque l'altération partielle ou complète de divers liens entre les atomes (dissociation) et dans les molécules (ionisation) et du corps à dissoudre pour les remplacer par de nouveaux liens avec ses molécules propres (hydratation). Une solvation complète est une dissociation [3].

### **I.3.2.2. Ionisation :**

Un composé minéral dissous dans l'eau se dissocie plus ou moins avec apparition d'ions chargés négativement (anions) et positivement (cations). Le corps dissous est appelé électrolyte ; il transporte le courant électrique [10].

### **I.3.2.3. Oxydoréduction :**

Les phénomènes d'oxydoréduction présentent une grande importance dans toutes les technologies de l'eau. L'eau elle-même peut participer, suivant des conditions expérimentales et selon certaines réactions chimiques comme un donneur d'électrons (elle est réductrice) ou un accepteur d'électrons (elle est oxydante) [11].

## **I.4. La pollution des eaux :**

La pollution des eaux est définie comme " tout changement défavorable des caractéristiques naturelles (biologiques ou physico-chimiques) dont les causes sont directement ou indirectement en relation avec les activités humaines "

Les différents risques de l'eau sont : le risque d'ingestion ou risque direct, risque de contact et le risque indirect.

Selon leur origine, les polluants des eaux se divisent en 3 groupes : les polluants biologiques, polluants chimiques, les polluants radioactifs [12].

### **I.4.1. Les Polluants chimiques :**

Certains éléments chimiques qui se trouvent dans l'eau sont utiles et même indispensables à la santé de l'homme à faibles concentrations mais peuvent devenir toxiques lorsqu'ils sont absorbés en très grande quantité.

Ils comprennent les sels minéraux et les composés toxiques. Ce sont des polluants majeurs des cours d'eau par leur abondance et leurs effets biologiques [12].

#### **I.4.1.1. Les sels minéraux :**

Il s'agit principalement d'effluents industriels contenant des substances minérales tel que : les sels, les nitrates, les chlorures, les phosphates, les ions métalliques, le chrome, le cuivre et le chlore. Ces substances suscitées :

- peuvent causer des problèmes sur l'organisme de l'individu.
- Perturbent l'activité bactérienne en station d'épuration.
- affectent sérieusement les cultures [13].

#### **I.4.1.2. Les composés toxiques :**

Ils sont soit minéraux, soit organiques.

##### **a) Les composés minéraux toxiques :**

Ce sont essentiellement :

- les métaux lourds ou certains métalloïdes ;
- les minéraux d'origine agricole ;
- les minéraux d'origine industrielle ;
- certains composés naturels.

##### **b) Les polluants organiques toxiques :**

Ce sont principalement les pesticides et les détergents. Ces derniers ne sont pas toxiques mais ils favorisent l'assimilation des substances toxiques.

##### **Les pesticides :**

On désigne généralement les pesticides comme, des produits utilisés pour lutter contre les organismes portant atteinte à la santé publique ou s'attaquant à tous les stades et de toutes les manières aux ressources végétales ou animales nécessaires à l'alimentation humaine, à l'industrie ou encore à la conservation de l'environnement.

##### **Les détergents :**

On désigne par détergents (du latin « detergere » : nettoyer), les produits susceptibles de permettre des opérations de nettoyage.

Les détergents sont des composés tensioactifs synthétiques dont la présence dans les eaux est due aux rejets d'effluents urbains et industriels [12].

#### **I.4.2. Les polluants biologiques :**

L'eau peut contenir des micro-organismes pathogènes (des virus, des bactéries, des parasites). Ils sont dangereux pour la santé humaine, et limitent donc les usages que l'on peut faire de l'eau [14].

#### **I.4.3. Les polluants radioactifs :**

Les radionucléides sont soit d'origine naturelle due à l'action des rayons cosmiques et à la présence de radioéléments dans le sol et l'air, soit elles sont dues aux expériences nucléaires et la production d'énergie nucléaire en vue d'utilisations industrielles et médicales. Cette pollution est à l'origine des maladies cancérogènes et génétiques [15].

### **I.5. Risques liés à la mauvaise gestion de l'eau :**

L'eau contaminée par les excréta est susceptible de transmettre les maladies gastro-intestinales.

En effet la pollution fécale peut introduire dans l'eau de boisson des risques :

- A court terme lorsque les sources de pollution sont urbaines, il s'agit du déversement incontrôlé de teinture, des eaux domestiques etc... Il peut arriver que ces eaux soient évacuées vers des puisards qui sont en communication directe avec la nappe.
- A moyen terme lorsque les sources de pollution sont industrielles. Il peut s'agir des industries polluantes par leurs déchets.
- A long terme avec le développement agricole, les produits utilisés dans le but d'améliorer les rendements agricoles. On peut citer : les engrais, les pesticides etc...

**a - Maladies d'origine bactérienne :** Les eaux peuvent transmettre un certain nombre de maladies d'origine bactérienne. On les cite avec les différents germes en cause :

- Le choléra (*vibrio cholerae*)
- La fièvre typhoïde et gastro-entérite (*salmonella typhi* et *E. Coli*)
- Schigellose (*shigella spp*)
- La tuberculose (*mycobacterium tuberculosis*).

**b – Maladies d'origine virale :** Aux cotés des maladies d'origine bactérienne, nous avons des maladies virales. On peut citer :

- la poliomyélite
- les hépatites virales et entérovirus.

**c - Maladies d'origine parasitaire :** En plus des maladies d'origine bactérienne et virale, on trouve les épidémies d'origine hydrique dues à des parasites, exemple l'ankylostomiasie, la dracunculose, le téniasis etc....

**d – Manque d'eau :** L'absence ou la rareté de l'eau est à l'origine de nombreuses pathologies. L'hygiène défectueuse favorise la multiplication et la transmission des poux, de la gale. Elle crée aussi des conditions favorables pour certaines pathologies cutanées muqueuses.

**e- Maladies liées à la présence de substance chimique dans l'eau :**

La fluorose qui est due à une intoxication chronique par le fluor. Le saturnisme qui est l'ensemble des manifestations dues à une intoxication par le plomb. L'hyperthyroïdie, et la méthémoglobine provoquent des troubles graves, par altération de l'hémoglobine du sang et

formation de méta-hémoglobine toxique pouvant conduire à l'asphyxie et la mort s'il n'y a pas de traitement [7].

### **I.5. Conclusion :**

L'eau est un élément indispensable à toute forme de vie.

D'un point de vue chimique, l'eau, lorsqu'elle est pure, est un liquide inodore, limpide et insipide. D'un point de vue biologique, c'est dans l'eau que la vie est apparue et c'est grâce à elle se maintient. En effet, l'organisme humain peut vivre pendant près d'un mois sans manger mais ne peut survivre que quelques jours sans boire.

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

## **II.1. Introduction :**

Une eau potable est une eau devant satisfaire à un certain nombre de caractéristiques la rendant propre à la consommation humaine sans danger pour la santé. Les standards de ce point de vue sont extrêmement différents selon les usagés.

Les paramètres pouvant être respectés par exemple sont :

- ❖ Paramètres organoleptiques.
- ❖ Paramètres physicochimiques.
- ❖ Paramètres bactériologiques [16].

## **II.2.L'eau potable et normes de potabilité :**

Une eau potable est une eau qui ne doit pas porter atteinte à la santé de celui qui la consomme.

Elle doit être exempte d'organismes pathogènes et ne doit pas contenir de substances nocives ou radioactives à une concentration jugée dangereuse pour la santé.

La qualité d'une eau peut être jugée par rapport à plusieurs types de paramètres par exemple:

- Les paramètres organoleptiques ;
- Les paramètres physico-chimiques ;
- Les paramètres microbiologiques.

Les normes de qualité de l'eau potable sont très rigoureuses. Elles s'appuient en général sur les travaux médicaux établissant les doses maximales admissibles (DMA), c'est-à-dire la quantité de telle ou telle substance qu'un individu peut absorber sans danger quotidiennement tout au long de sa vie.

Tous les pays du monde ne suivent pas les mêmes normes. Certains édictent leurs propres normes. D'autres adoptent celles conseillées par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS).

Les lignes directrices de l'OMS en ce qui concerne la qualité de l'eau potable, mises à jour en 2006 sont la référence en ce qui concerne la sécurité en matière d'eau potable (Annexe) [17].

## **II.3.Les paramètres organoleptique :**

### **II.3.1 .La couleur :**

Pour l'eau potable, le degré de couleur maximale acceptable est de 15 UCV. Elle peut être due à certaines impuretés minérales (fer) mais également à certaines matières organiques acides humiques. Elle doit être éliminée pour rendre l'eau agréable à boire [18].

### **II.3.2 .Le goût et l'odeur :**

L'odeur peut être définie comme étant l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles.

Le goût est défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche [19].

Ces deux paramètres sont regroupés et font appel aux mêmes types de traitement (adsorption, filtration...).

Dans le cas d'une eau potable, l'apparition ou le changement de goût et d'odeur peuvent être signe d'activité microbienne et de lacune dans le traitement ou de contamination dans le réseau de distribution [20].

### **II.3.3.Turbidité :**

Une eau turbide est une eau trouble. Cette caractéristique vient de la teneur de l'eau en particules en suspension, associées au transport de l'eau. Au cours de ce parcours, l'eau se charge de quantités énormes de particules, qui troublent l'eau. Les matières, mêlées à l'eau, sont de natures très diverses : matières d'origine minérale (argile, limon, sable...), micro particules, micro organismes.

La turbidité se mesure par la réflexion d'un rayon lumineux dans l'eau. La turbidité est mesurée par un test optique qui détermine la capacité de réflexion de la lumière (l'unité de mesure est le « NTU » - unités néphéométriques) [20].

## **II.4.Paramètres physicochimiques :**

### **II.4.1 .Température :**

La température de l'eau est un facteur important dans la production biologique.

Ceci vient du fait qu'elle affecte les propriétés physiques et chimiques de celle-ci en particulier sa densité, sa viscosité, la solubilité de ses gaz (notamment celle de l'oxygène) et la vitesse des réactions chimiques et biochimiques [21].

### **II.4.2 .pH :**

Le pH (potentiel hydrogène) est une des caractéristiques fondamentales de l'eau. Le pH donne une indication de l'acidité d'une substance. Il est déterminé à partir de la quantité d'ions d'hydrogène hydronium ( $H^+$ ) ou d'ions hydroxyde ( $OH^-$ ) contenus dans la substance. Quand les quantités de ces deux ions sont égales, l'eau (ou la substance) est considérée comme neutre, et le pH a une valeur aux alentours de 7. Le pH d'une substance varie entre 1 et 14.

Au-dessus de 7, la substance est considérée comme basique et la quantité d'ions  $\text{OH}^-$  est supérieure à celle d'ions  $\text{H}^+$ . Au-dessous de 7, la substance est acide ; les ions  $\text{H}^+$  sont en quantités supérieures. La valeur du pH est à prendre en considération lors de la majorité des opérations de traitement de l'eau, surtout lorsque celles-ci font appel à une réaction chimique et parce que certains procédés nécessitent d'être réalisés avec un pH spécifique pour être efficace [20].

#### **II.4.3.conductivité :**

La conductivité permet d'apprécier le degré de minéralisation de l'eau dans la mesure où la plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement [19].

La conductivité est également fonction de la température de l'eau, elle est plus importante lorsque la température augmente [22].

#### **II.4.4.La dureté total ou titre hydrométrique :**

La dureté d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques, excepté celles des métaux alcalins ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) et  $\text{H}^+$ . Elle est souvent due aux ions  $\text{Ca}^{++}$  et  $\text{Mg}^{++}$ . La présence de ces deux cations dans l'eau tend souvent à réduire la toxicité des métaux. La dureté se mesure en mg de  $\text{CaCO}_3$  par litre [23].

Cette dureté ne nuit pas à la qualité de l'eau, bien au contraire: cela améliore même son goût. Toutefois, une eau très dure n'est pas recommandable en milieu domestique: le calcaire réagit en présence de substances alcalines comme le savon et se précipite lorsque l'eau est portée à ébullition ou s'évapore. Par contre une dureté trop faible ne permet pas la formation d'une couche carbonatée protégeant les canalisations de certains risques de corrosion [24].

#### **II.4.5.Indice de Langelier (saturation Index « LSI ») :**

La méthode la plus simple pour le calcul de l'agressivité de l'eau est la « méthode de Langelier ». Il a établi un indice, appelé « indice de saturation ou indice de Langelier».

L'eau est agressive si cet indice est négatif, elle est calcifiante si l'indice est positif et elle est à l'équilibre calco-carbonique si l'indice de saturation est nul [25].

#### **II.4.6.Sels dissous totaux :**

Le TDS est composé de sels inorganiques et de quelques matières organiques. Les sels inorganiques communs trouvés dans l'eau incluent le calcium, le magnésium, le potassium et le sodium qui sont tous des cations (ions chargés positivement) et, également des carbonates, nitrates, bicarbonates, chlorures et sulfates qui sont tous des anions (ions chargés négativement) [26].

#### **II .4.7.Le titre alcalimétrique :**

L'alcalinité est la mesure de la capacité d'une eau à neutraliser les acides. Il s'agit de mesurer la présence des ions de dioxyde de carbone, de bicarbonate, de carbonate et d'hydroxyde qui sont présents dans l'eau à l'état naturel. Au niveau normal du pH d'une eau, le bicarbonate et le carbonate sont les éléments qui contribuent le plus à l'alcalinité [27].

#### **II.4.8.Les cations majeurs :**

##### **II.4.8.1. L'ion calcium ( $Ca^{2+}$ ) :**

Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potable et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés (terrain calcaire ou gypseux) [25].

Les effets indésirables qui sont surtout d'ordre organoleptique ou esthétique résultant de la présence du calcium dans l'eau potable peuvent provenir de sa contribution à la dureté [28].

##### **II.4.8.2. L'ion magnésium ( $Mg^{2+}$ ) :**

Le magnésium est un élément très répandu dans la nature et il est présent dans la plupart des eaux naturelles. Le magnésium contribue à la dureté de l'eau sans être l'élément essentiel et aussi il est indispensable pour la croissance et pour la production de certaines hormones [29].

##### **II.4.8.3.L'ion sodium ( $Na^+$ ) :**

Le sodium est un ion essentiel des liquides corporels. Cette substance n'est pas nocive aux concentrations normalement présentes dans les aliments et les sources d'eau potable. En général, l'eau potable est une source peu importante de sodium; toute fois, une consommation élevée de sodium peut causer des problèmes chez les personnes qui ont un régime appauvri en sel en raison de problèmes d'hypertension, cardiaques ou rénaux [27].

##### **II.4.8.4.L'ion potassium ( $K^+$ ) :**

Métal alcalin très répandu dans la nature sous forme de sels et qui joue un rôle important dans l'équilibre électrolytique de l'organisme. Le potassium est étroitement rattaché au sodium à tel point qu'il est rarement analysé comme un constituant à part dans les analyses d'eaux [30].

#### **II.4.9.Les anions majeurs :**

##### **II.4.9.1.L'ion chlorure ( $Cl^-$ ) :**

Les chlorures présents dans l'eau potable proviennent des eaux usées et des effluents industriels. La principale source d'exposition humaine au chlorure est l'ajout de sels aux aliments. L'apport de cette source est généralement supérieur à celui de l'eau de boisson. Les concentrations excessives de chlorure augmentent les taux de corrosion des métaux dans le système de distribution, cela peut conduire à une augmentation des concentrations de métaux dans les systèmes d'alimentation en eau potable [30].

#### **II.4.9.2. Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) et les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) :**

Les nitrates sont des ions minéraux de formule  $\text{NO}_3^-$  [31].

les nitrates sont présents naturellement dans les eaux, les apports excessifs ou mal maîtrisés d'engrais azotés provoquent une augmentation des nitrates dans les ressources. La consommation d'eau chargée en nitrates ou nitrites par la femme enceinte ou le nourrisson peut constituer un risque pour le nouveau-né [4].

Les nitrites  $\text{NO}_2^-$  proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniac, soit d'une réduction des nitrates. Une eau renferme une quantité élevée de nitrites (supérieur à 1 mg/l d'eau) [32].

Les valeurs limitent recommandées pour les nitrites dans l'eau de boisson, sont de 0,1mg/l pour les pays de l'union européenne et Algérie et des doses inférieures à 1 mg/l pour l'OMS [33].

#### **II.4.9.3. L'ion sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) :**

Ils proviennent principalement des gypses présents dans le sol.

Ils pénètrent lentement dans les membranes cellulaires et sont rapidement éliminés par les reins.

Le taux maximum est de 250 mg/L d'eau [34].

Les concentrations élevées de sulfates peuvent contribuer à la corrosion des systèmes de distribution, surtout avec des eaux faiblement alcalines [35].

#### **II.4.9.4. Les carbonates et bicarbonates :**

Le carbonate de calcium est abondant dans les sédiments. Plus la teneur en  $\text{CO}_2$  dissout augmente plus la concentration de l'ion  $\text{CO}_3^{2-}$  diminue, ce qui a pour résultat la disparition des carbonates et la formation des bicarbonates [1].

#### **II.4.10. Les métaux lourds :**

##### **II.4.10.1. Le plomb :**

Le plomb est un métal grisâtre que l'on retrouve dans la croûte terrestre, il existe sous forme métallique, inorganique et organique, et aussi très malléable et résistant à la corrosion.

Bien qu'on le retrouve de façon naturelle dans l'environnement, des concentrations très faibles de plomb sont mesurées dans les eaux de surface et souterraines qui servent à alimenter la population en eau potable. La présence du plomb dans l'eau de consommation est habituellement attribuable au phénomène de corrosion qui survient dans les composantes structurales des réseaux de distribution et dans la tuyauterie domestique qui contiennent du plomb. La corrosion du plomb survient en milieu acide lorsque le plomb métallique de la tuyauterie ou des soudures entre en contact avec un agent oxydant (ex. : oxygène dissous).

Le plomb métallique est alors converti en une forme oxydée (habituellement  $Pb^{2+}$ ) qui se dissout dans l'eau [36].

#### **II.4.10.2.Le zinc :**

Le zinc est un élément nutritif essentiel pour l'homme. Les besoins quotidiens varient de 4 à 10 mg/jour. L'apport alimentaire suffit largement à satisfaire cet apport quotidien recommandé.

Bien que les eaux de surface renferment rarement des concentrations de zinc supérieures à 0,1 mg/L, l'eau du robinet peut renfermer une teneur beaucoup plus élevée à cause de l'utilisation du zinc en plomberie. L'eau contenant des concentrations de zinc supérieures à 5,0 mg/L prend un goût indésirable et peut devenir opalescente et former une couche grasseuse après ébullition [37].

#### **II.4.10.3.Le Cadmium :**

Les composés du cadmium sont largement utilisés dans la fabrication des piles. La contamination des eaux de boisson peut être provoquée par des impuretés présentes dans les conduites de zinc ou des conduites galvanisées et de quelques garnitures métalliques. La nourriture est la principale source d'exposition quotidienne au cadmium [38].

#### **II.4.10.4.Le cuivre :**

Le cuivre est un métal rouge bleuâtre, ductile et malléable. Élément chimique métallique de symbole Cu, de numéro atomique 29, fond vers 1038°C et possède une densité de 8,9 [39].

Le cuivre est un élément essentiel chez l'homme et animal dans de nombreuses voies métaboliques, notamment pour la formation d'hémoglobine. Le cuivre et les composés cupriques peuvent avoir une action toxique par inhalation, ingestion, voies cutanée et oculaire. Les sels de cuivre sont des agents particulièrement irritants [25].

#### **II.4.10.5.Le fer :**

Le fer est l'un des métaux les plus abondants dans la croûte terrestre. Il se trouve dans l'eau douce naturelle à des niveaux allant de 0,5 à 50 mg /litre. Le fer peut également être présent dans l'eau de boisson à la suite de l'utilisation de coagulants de fer ou de la corrosion de l'acier et des tuyaux en fonte pendant la distribution de l'eau .Le fer présent dans l'eau potable est un élément essentiel dans la nutrition humain [40].

#### **II.4.10.6. Le bore :**

Le bore (B) n'existe pas dans la nature à l'état élémentaire, mais sous différentes formes dans les dépôts minéraux et les eaux naturelles (borate de calcium, acide borique ou hydrures de bore). La toxicité des dérivés borés est éminemment variable:

Les hydrures de bore sont très toxiques par voies digestive, respiratoire ou cutanée. Cependant, les formes de bore naturellement présentes dans l'eau de boisson ne sont pas considérées comme nocives pour la santé, aux concentrations naturelles (0.1 à 0.3 mg/L en moyenne mondiale) [41].

### **II.5. Les paramètres bactériologiques :**

#### **II.5. 1. Les germes totaux :**

Ce sont des germes qui se développent dans des conditions aérobies. Leur présence est indicatrice de pollution bactérienne. Leur dénombrement donne une information sur la qualité hygiénique de l'eau destinée à la consommation humaine [42].

#### **II.5. 2. Les coliformes totaux:**

Groupe hétérogène de bactéries d'origine fécale et environnementale. Toutes les espèces, sauf les bactéries E. coli, peuvent se trouver naturellement dans le sol ou la végétation. Leur présence dans l'eau potable n'indique généralement pas une contamination fécale ni un risque sanitaire, mais plutôt une dégradation de la qualité bactérienne de l'eau [43].

#### **II.5.3. Les coliformes fécaux :**

Les coliformes fécaux, ou thermo tolérants, est considéré. Les coliformes fécaux sont en fait des coliformes qui poussent à des températures plus élevées, soit à partir de 44,5°C.

Ces coliformes fécaux sont des bactéries que l'on retrouve dans la flore intestinale des animaux à sang chaud. La bactérie Escherichia coli (E. coli) fait partie des coliformes fécaux [1]. Comme la présence de ces bactéries dans une source d'eau ne peut pas être considérée comme normale, elle peut donc représenter une menace ou l'indication d'une éventuelle dégradation de la qualité microbiologique de l'eau, due à la présence d'une contamination fécale. Le mécanisme de transport de ces bactéries dans l'eau serait surtout le ruissellement des eaux de pluies sur le bassin versant, entraînant avec lui les microorganismes contenus dans la terre [44].

#### **II.5.4. Les streptocoques fécaux :**

Les streptocoques fécaux sont en grande partie d'origine humaine. Cependant, certaines bactéries classées dans ce groupe peuvent être trouvées également dans les fèces animales, ou se rencontrent sur les végétaux. Ils sont néanmoins considérés comme indicateurs d'une pollution fécale et leur principal intérêt réside dans le fait qu'ils sont résistants à la dessiccation. Ils apportent donc une information supplémentaire sur une pollution. L'identification de streptocoques fécaux donnera une confirmation importante du caractère fécal de pollution [45].

#### **II.6. Conclusion :**

L'eau potable est une eau qui ne doit pas porter atteinte à la santé humaine. Elle est contrôlée de façon très stricte et doit respecter des valeurs limites pour différents paramètres. Ces valeurs limites sont calculées de façon à ce que la santé ne soit pas mise en danger même si l'on ne consomme que de l'eau du dessalement durant toute sa vie.

### **III.1. Introduction :**

L'évolution que connaît l'environnement urbain et industriel pose, dans de nombreux pays, le problème de l'eau. Le prélèvement global de l'eau, en additionnant les usages domestiques, industriels et agricoles, est de 250 m<sup>3</sup> par an et par habitant, en moyenne mondiale. Par ailleurs il est certain que nos besoins en eau ne cesseront de croître alors que les réserves en eau de bonne qualité diminuent.

Ceci implique de ménager la ressource, en limitant les rejets de pollution dans le milieu naturel mais aussi produisant une eau propre à la consommation.

C'est dans cette logique que les stations de dessalement des eaux s'inscrivent puisqu'elles permettent de produire de l'eau potable à partir de l'eau de mer ou d'eaux saumâtres grâce à des techniques particulières[46].

### **III.2.Historique :**

L'idée de fabriquer de l'eau pure à partir de l'eau de mer tourmente les populations assoiffées depuis des centaines, pour ne pas dire des milliers d'années. La prémisse originale reposait sur l'idée que, par ébullition ou évaporation, l'eau pouvait être séparée du sel.

Cette théorie – évaporation ou distillation – constituait le fondement de la technologie des premières installations de dessalement à grande échelle qui apparurent dans les années 50 et 60, principalement au Moyen- Orient. Ces régions, pauvres en eau mais riches en combustible, convertissaient leurs ressources énergétiques en ce qui leur manquait le plus de l'eau.

Cependant, les technologies qui emploient la chaleur requièrent de grandes quantités d'énergie [47].

### **III.3.Composition et salinité de l'eau de mer:**

La salinité des mers ouverte sur les masses océaniques (Atlantique, Manche, Mer du nord, pacifique) est de l'ordre de 35g/l et c'est cette valeur qui est considérée comme salinité standard de l'eau de mer. Des variations plus ou moins importantes autour de cette valeur moyenne existent en fonction du bilan précipitations-évaporation. La salinité peut être très déficient dans le cas des mers fermées ou peu ouvertes sur les masses océaniques :

Mer Méditerranée	:	36 à 39g /l
Mer Rouge	:	40g/l
Mer Baltique	:	07g/l
Mer Caspienne	:	13g/l
Mer Morte	:	270g/l
Golfe arabo-persique	:	40 à 70g/l
Mer Noire	:	20g/l

Toutefois, dans le cas des mers ouvertes, la proportion des différents sels en présence est relativement constante comme le montre le tableau III.1. En particulier la somme des ions chlorure et sodium représente environ 85% des poids total des sels. En revanche, dans les mers fermées ou les grands lacs salés, la concentration par évaporation à partir d'apports d'eaux de surface faiblement salées mais relativement différentes de celle de l'eau de mer, conduit quelquefois à des compositions ioniques très particulières.

**Tableau III.1** : composition chimique de l'eau de mer.

		Eau de mer standard	
		Ppm	%
Salinité totale		35000	
Cations	Sodium	10760	30,7
	Magnésium	1294	3,7
	Calcium	412	1,2
	Potassium	387	1,1
	Total cation	12853	
Anions	Chlorures	19353	55,3
	Sulfates	2712	7,7
	Bicarbonates	142	0,4
	Bromures	67	0,2
	Total anions	22274	

### III.4. Définition de dessalement :

Le dessalement de l'eau (également appelé dessalage ou désalinisation) est un processus qui permet d'obtenir de l'eau douce, (potable ou plus rarement en raison du coût, utilisable pour l'irrigation), à partir d'une eau saumâtre ou salée (eau de mer). En dépit du nom, il s'agit rarement de retirer le sel de l'eau, mais plutôt, à l'inverse, d'extraire de l'eau douce [48].

### III.5. Dessalement en Algérie :

A la suite d'une sécheresse vécue par l'Algérie depuis plus de deux décennies et la demande en eau croissante, le pouvoir public a-t-on décidé de s'orienter vers une politique de mobilisation des ressources en eau non conventionnelles, à savoir le dessalement d'eau de mer afin de pouvoir compenser le déficit en eau enregistré.

C'est ainsi que le recours au dessalement d'eau de mer comme solution alternative s'avère de plus en plus nécessaire et présente les avantages suivants :

- Un littoral de 1200 Km ;
- La population actuelle concernée par le littoral est de 11 millions habitants ;
- Les industries grandes consommatrices d'eau se trouvent à proximité de la mer ce qui réduit davantage les prix de revient du m<sup>3</sup> d'eau ;
- Le domaine de dessalement de l'eau de mer a connu ces dernières années une avancée technologique remarquable, grâce au développement des différents procédés ;
- La disponibilité de la ressource énergétique ou la combinaison de sa production ;
- Le coût du m<sup>3</sup> d'eau dessalée est en nette régression, alors que le coût du m<sup>3</sup> d'eau conventionnelle est en nette progression (grands transferts) [49].

**Tableau III.2 : Les principales unités de dessalement en Algérie [49].**

<b>Nom</b>	<b>Wilaya</b>	<b>Année de mise en service</b>	<b>Capacité (m<sup>3</sup>/J)</b>
Kahrama Arzew	Oran	2005	90 000
El-Hamma	Alger	2008	200 000
Skikda	Skikda	2009	100 000
Beni saf	Ain Temouchent	2009	200 000
Mostaganem	Mostaganem	2010	200 000
Honaine	Tlemcen	2010	200 000
Ouled Ben Ayad	Tlemcen	2010	200 000
Douaouda	Alger	2010	120 000
Cap Djenet	Boumerdes	2010	100 000
Mactaa	Oran	2010	500 000
Oued Sebt	Tipaza	2010	100 000
Tenès	Chlef	2010	200 000
Echatt	Taraf	2011	50 000
<b>Total</b>			<b>2 260 000</b>

### III.6. Le processus de dessalement de l'eau de mer :

#### III.6.1. Schéma générale d'une installation de dessalement :

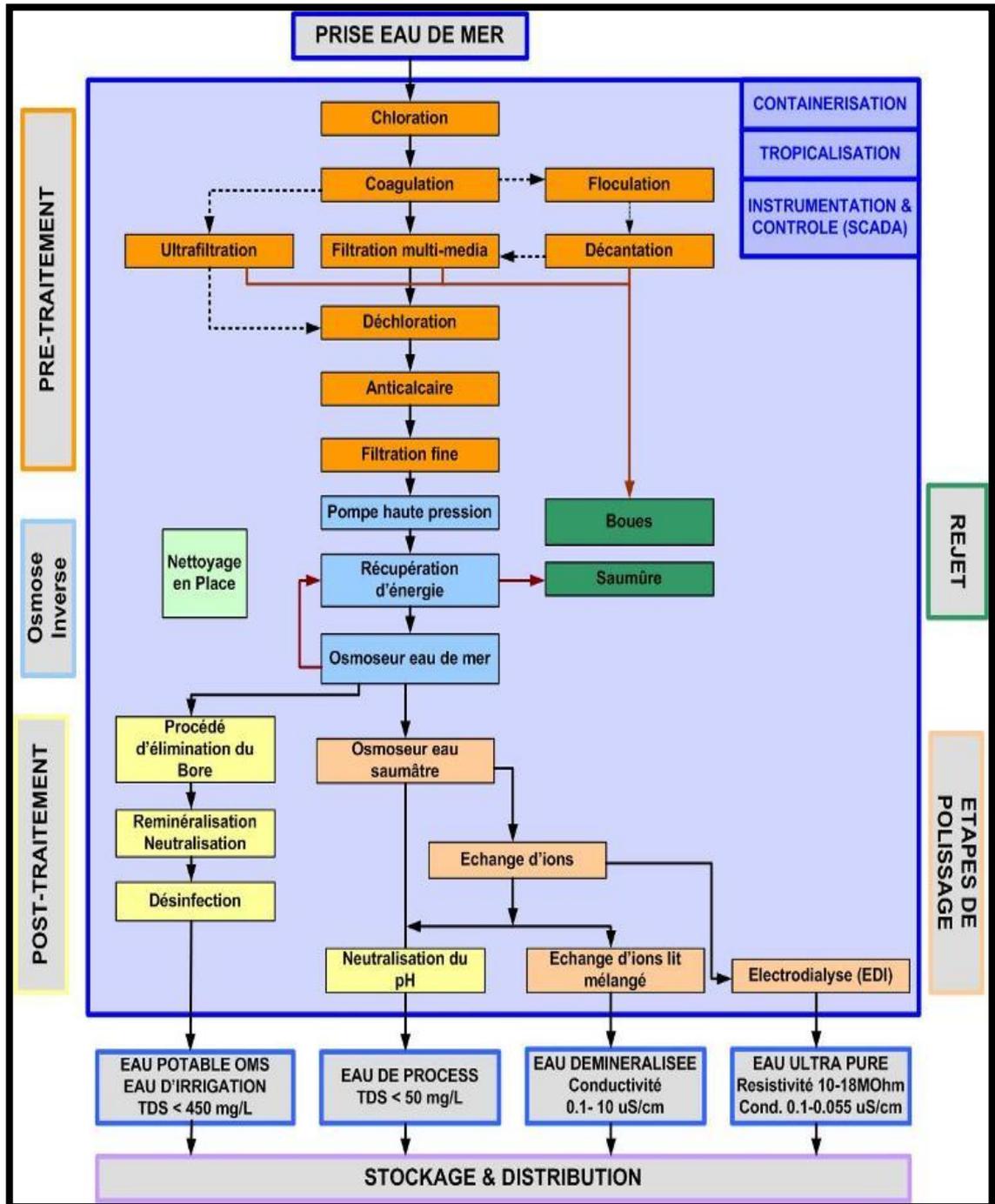


Figure III.1: schéma général d'une station de dessalement par O.I [50].

### III.6.2. La prise de l'eau de mer :

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. En particulier du point de vue matières en suspension.

Cette prise en compte de la qualité de l'eau est d'autant plus importante que le procédé de dessalement choisi sera l'osmose inverse [47].

### III.6.3. Le prétraitement :

#### III.6.3.1. Chloration :

La chloration a pour objectif l'inactivation des microorganismes (bactéries principalement) mais aussi micro-algues, champignons, qui, outre le fait que certains peuvent être pathogènes, sont à l'origine d'un colmatage important des membranes appelé biofouling :

- Soit directement par le développement d'une biomasse ;
- Soit indirectement par les métabolites produits par les micro-organismes (poly -saccharides par exemple).

L'expérience acquise sur plusieurs unités de dessalement par osmose inverse a montré qu'une chloration permanente à faible dose favorisait plutôt le biofouling [51].

#### III.6.3.2. prétraitement conventionnel :

##### III.6.3.2. 1. Coagulation –floculation :

L'opérateur de coagulation-floculation a pour but la croissance des particules (qui sont essentiellement de floccs colloïdaux) par déstabilisation des particules en suspension puis formation de floccs par agrégation [52].

Les floccs ainsi formés seront décantés et filtrés par la suite.

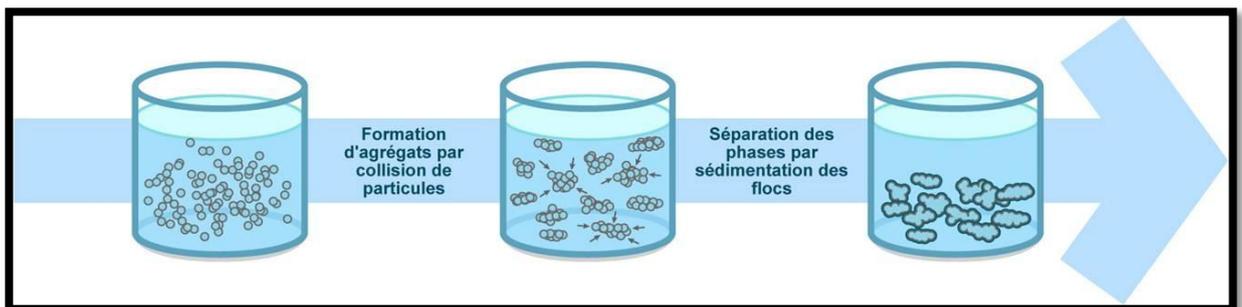


Figure III.2: Coagulation floculation [52].

**- Coagulation :**

La charge électrique et la couche d'eau qui entourent les particules hydrophiles tendent à éloigner les particules les unes des autres et, par conséquent, à les stabiliser dans la solution.

Le but principal de la coagulation est de déstabiliser ces particules pour favoriser leur agglomération [51].

Coagulants utilisée : les principaux coagulants utilisés pour déstabiliser les particules et produire des floccs sont [52]. :

- Le sulfate d'aluminium  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ .
- L'aluminate de sodium  $NaAlO_2$ .
- Le chlorure ferrique  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ .
- Le sulfate ferrique  $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$ .
- Le sulfate ferreux  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ .

**- Flocculation :**

La flocculation a justement pour but d'augmenter la probabilité des contacts entre les particules, lesquels sont provoqués par la différence de vitesse entre ces particules.

Floculant : pour choisir un floculant, il faut considérer la taille, la cohésion et la vitesse de décantation du floc [52].

**III.6.3.2. 2.Décantation :**

La décantation est le procédé qu'on utilise dans pratiquement toutes les usines de traitement des eaux (superficielles ou de mer) et d'épuration. Ce procédé a pour but d'éliminer les particules en suspensions dont la densité est supérieure à celle de l'eau [51].

**III.6.3.2. 3.Filtration :**

La filtration est un procédés destiné à clarifier un liquide qui contient de MES en le faisant passer à travers un milieu poreux constitué d'un matériau granulaire. En effet, il subsiste de très petites particules présentes à l'origine dans l'eau brute ou issues de la flocculation. la rétention de ces particules se déroulent à la surface des grains grâce à des forces physiques. La plus ou moins grande facilité de fixation dépend étroitement des conditions d'exploitation du filtre et du type de matériau utilisé.

La filtration permet une élimination correcte des bactéries, de la couleur et de la turbidité [53].

### **III.6.3. 3. Prétraitement par procédé membranaire :**

#### **III.6.3. 3. 1. Microfiltration:**

Ce procédé de séparation solide-liquide met en œuvre des membranes dont les diamètres de pores sont compris entre 0,1 et 10  $\mu$  m. Il permet donc la rétention des particules en suspension, des bactéries et indirectement des colloïdes et de certains ions après fixation de ces derniers sur des plus grosses particules obtenues par complication, précipitation ou floculation [54].

#### **III.6.3. 3. 2. Ultrafiltration :**

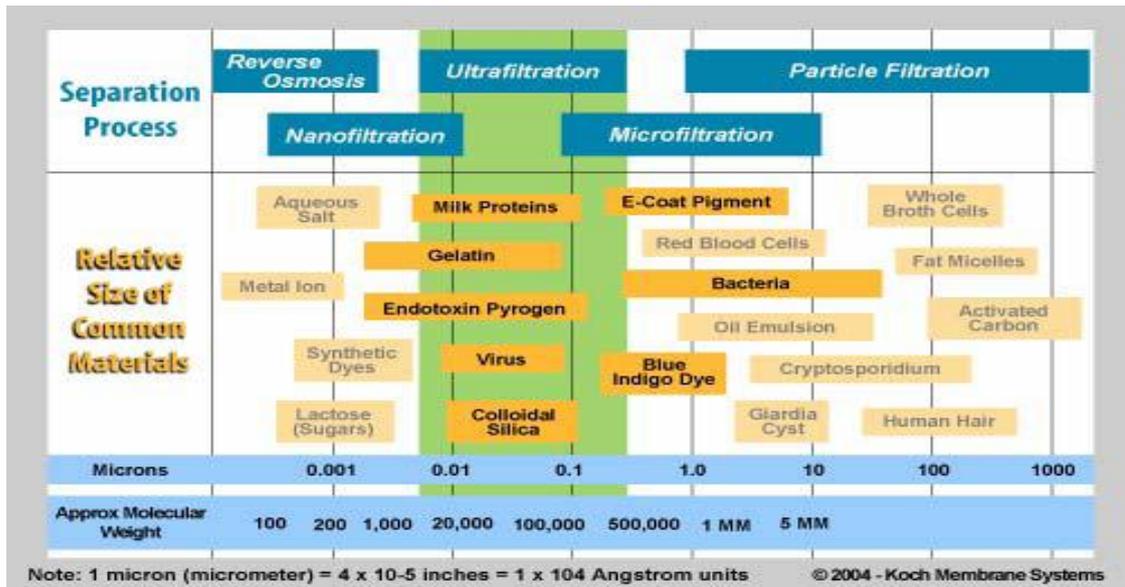
L'ultrafiltration (UF) est une technique de séparation des macromolécules ou des particules en suspension dans un liquide à travers des membranes poreuses. Ces membranes sont dites basse pression du fait que la pression transmembranaire est de l'ordre de 0.2 à 2 bar. L'UF est caractérisée par un seuil de coupure entre 0.001 et 0.02  $\mu$ m.

Une installation d'UF met en œuvre un ensemble de membranes assemblées en modules. Les principaux types de modules membranaires sont: tubulaire, fibre creuse, spirale et plane [55].

#### **III.6.3. 3. 3. Nano filtration:**

Les espèces concernées par la nano filtration ont des tailles proches à celle de la molécule d'eau. Des molécules et des ions sont souvent partiellement retenus par ces membranes. Plus que toutes les autres membranes, ces membranes présentent des mécanismes de sélectivité mixtes basés à la fois sur la charge et sur la taille des molécules. Elles permettent donc des séparations entre ions et petites molécules sur la base de leur taille. Les tailles des pores étant petites, les pressions nécessaires sont plus élevées qu'en ultrafiltration et les flux sont en général modérés. Les applications de la nano filtration sont développées dans le domaine du traitement de l'eau et du traitement de certains fluides biologique.

La nano filtration (NF) ou la taille de pores est de l'ordre du nanomètre (0,001  $\mu$ m) [55].



**Figure III.3 :** Les opérations de filtration membranaire selon la taille des pores et des espèces retenues [55].

### III.6.4.Procédés de Dessalement:

Dans la nature, les membranes jouent un rôle important pour séparer les sels. Des processus de dialyse et d'osmose se produisent dans les organismes vivants. Les membranes sont utilisées sur le marché dans deux procédés importants: l'électrodialyse (ED) et l'osmose inverse (OI).

#### III.6.4.1.Les procédés membranaires :

##### III.6.4.1.1 .L'électrodialyse :

L'électrodialyse est un procédé qui utilise la mobilité des ions d'un électrolyte soumis à un champ électrique, le Dessalement étant assuré par des membranes qui éliminent sélectivement les sels, ce qui permet d'obtenir de l'eau douce. L'ED a été introduit sur le marché au début des années 1960. L'unité ED de base se compose de plusieurs centaines de cellules reliées entre elles par des électrodes à un bloc extérieur qui constitue la pile. Le principe d'une unité d'électrodialyse est présenté sur la figure. L'eau d'alimentation est distribuée à travers toutes les cellules. Certains flux vont alors s'appauvrir en sel, tandis que d'autres vont au contraire s'enrichir, compte tenu du caractère sélectif des membranes. Des additifs peuvent être mélangés à l'alimentation pour réduire l'entartrage [56].

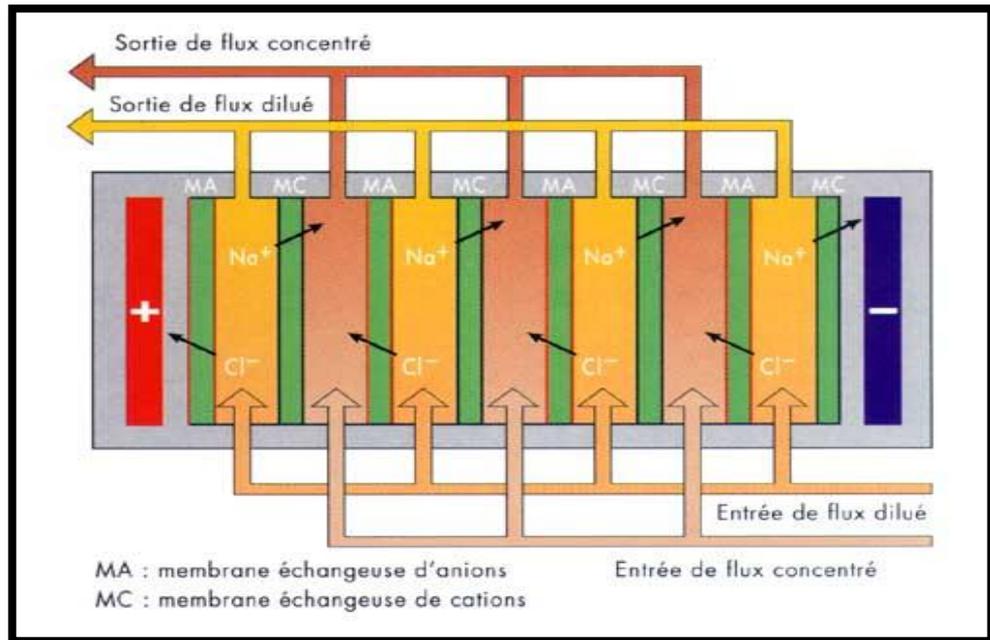


Figure III.4 : l'électrodialyse [56].

#### III.6.4.1.2. L'osmose inverse :

Le dessalement de l'eau de mer par osmose inverse est réalisé en appliquant à la solution à dessaler, une pression supérieure à la pression osmotique de cette solution sous l'effet de laquelle l'eau s'écoule à travers une membrane semi-perméable dans la direction inverse (du compartiment contenant l'eau salée vers le compartiment d'eau douce) (Figure III.5). Ce procédé est simple, mais pose un vrai problème au niveau de l'encrassement des membranes, qui nécessite un prétraitement poussé de l'eau de mer [57].

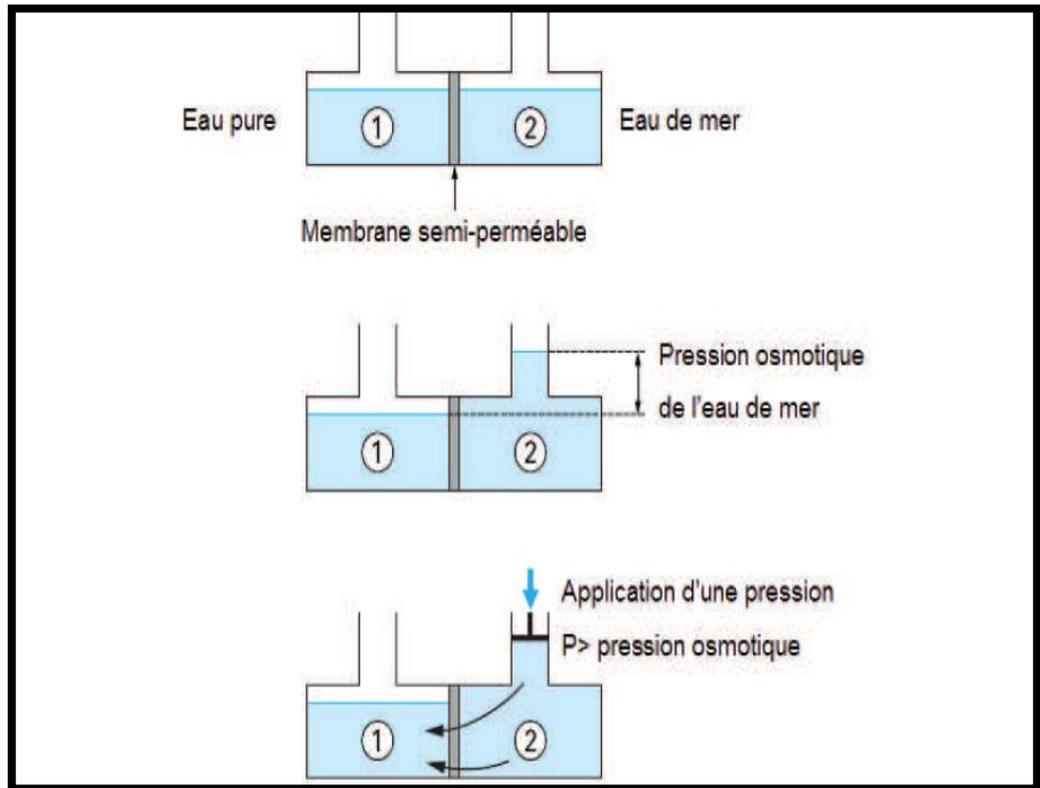


Figure III.5 : Mise en évidence de l'osmose inverse [57].

#### III.6.4.2. Les procédés d'échange ionique :

Ce procédé se fait par des résines synthétiques dont les molécules présentent des radicaux soit à fonction acide (R-H) soit à fonction basique (R-OH) susceptibles d'échanger, sans altérer ni leur structure ni leur aspect, leurs ions d'hydronium  $H^+$  ou leurs ions d'hydroxydes ( $OH^-$ ) contre des ions de même signe contenus dans une solution .

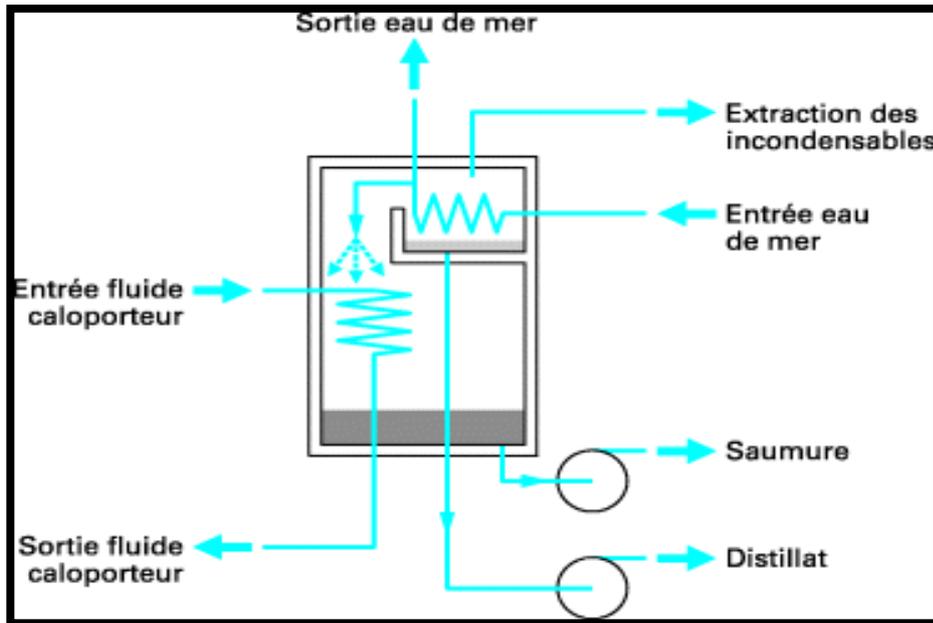
L'eau obtenue de cette façon est appelée eau dés-ionisée ou eau déminéralisée. Les résines échangeuses d'ions sont parfois couplées à une post-filtration afin d'éliminer les particules issues de la résine. La plus part des échangeurs d'ions peuvent être régénérés facilement par le procédé réversible [16].

#### III.6.4.3. Les procédés de distillation :

La distillation est un procédé de séparation selon lequel un composé volatil d'une solution est évaporé et ensuite condensé. Cette technologie est la plus ancienne utilisée pour dessaler l'eau de mer [57].

**III.6.4.3. 1. Distillation à simple effet :**

Une circulation de vapeur permet de chauffer dans un évaporateur l'eau salée, qui s'évapore sous une pression légèrement supérieure à la pression atmosphérique, on peut alors condenser directement la vapeur sortant de l'évaporateur, sans récupération de la chaleur de condensation, ou bien, au contraire, on peut envoyer la vapeur dans un condenseur en vue du préchauffage de l'eau salée qui arrive dans l'installation.[58]



**Figure III.7 :** Distillation a simple effet [58].

**III.6.4.3. 2. distillation à multiples effets :**

Ce procédé est basé sur le principe de l'évaporation, sous pression réduite, d'une partie de l'eau de mer préchauffée à une température variant entre 70 et 80°C. L'évaporation de l'eau a lieu sur une surface d'échange, contrairement au procédé précédent, où elle est assurée par détente à travers les étages successifs. La chaleur transférée au travers de cette surface est apportée soit par une vapeur produite par une chaudière, soit par une eau chaude provenant d'un récupérateur de chaleur. La vapeur ainsi produite dans le premier effet est condensée pour produire de l'eau douce dans le deuxième effet où règne une pression inférieure, ainsi la chaleur de condensation qu'elle cède permet d'évaporer une partie de l'eau de mer contenue dans le deuxième effet et ainsi de suite (Figure III.8) [59].



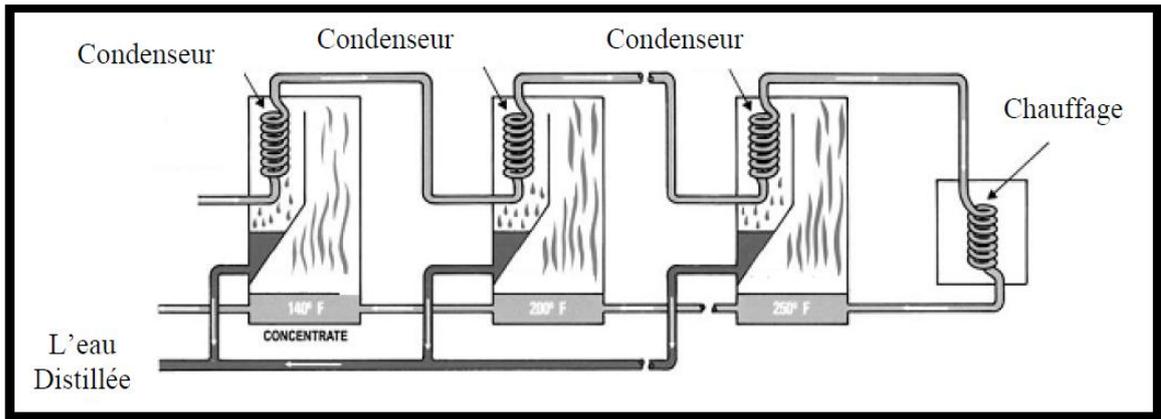


Figure III.9: distillateur à Multi stage flash [59].

### III.6.4. Le post-traitement :

#### III.6.4.1. Désinfection :

Le but de la désinfection est d'éliminer tous les micro-organismes pathogènes présents dans l'eau, afin d'empêcher le développement de maladies hydriques. Le principe de la désinfection est de mettre en contact un désinfectant à une certaine concentration pendant un certain temps avec une eau supposé contaminée. Cette définition fait apparaître trois notions importantes : les désinfectants, le temps de contact et la concentration en désinfectant. Les trois principaux désinfectants utilisés en eau potable sont les suivants : le chlore, l'ozone et le rayonnement par l'ultra violet [49].

#### II.6.4.1. Correction de l'agressivité de l'eau :

L'eau produite par osmose inverse est agressive, c'est-à-dire que son pH est inférieur au pH de saturation ou que son indice de Langelier est négatif : l'eau sous-saturée en  $\text{CaCO}_3$  dissout le calcaire sous l'action du  $\text{CO}_2$  agressif. Le  $\text{CO}_2$  peut être éliminé soit par dégazage, soit par neutralisation avec  $\text{NaOH}$  ou  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  [60].

### II.7. Conclusion :

Le dessalement est l'une des solutions éprouvées et sûres, mûries et maîtrisées techniquement, pour la mobilisation des ressources en eaux supplémentaires.

#### IV. Introduction :

La station de dessalement de Souk Tleta d'une capacité de production de 200 000 m<sup>3</sup> /j permet actuellement de satisfaire les besoins en eau potable d'une population de plus de 300 000 habitants de 19 communes, y compris le chef-lieu de la Wilaya de Tlemcen.



Figure IV.1 : Station de dessalement de Souk Tleta .

#### IV.1.Situation géographique :

La station de dessalement d'eau de mer de Souk Tleta est localisée au Nord Ouest algérien dans la Wilaya de Tlemcen, Daïra de Bab El Assa, Commune de Souk Tleta.

Elle est située à 90 Km du chef-lieu de la Wilaya. La commune de Souk Tleta s'étend sur une superficie de 8 500 hectares et se situe au Nord Ouest de la ville de Tlemcen, elle est frontalière de par sa proximité par rapport à la frontière Algéro-Marocaine. Elle est limitée:

- Au Nord: par la mer méditerranée;
- A l'Est: par la commune de Souahlia;
- A l'Ouest: parla commune de M'sirda;
- Au Sud: par la commune de Bab El Assa.

#### **IV.1.1. Relief :**

Le relief de la commune de Souk Tlata est très accidenté, il est marqué par des monts, Djourfs, Djebel, crêtes, ravins, et oueds.

Au milieu de ce relief s'intercale une vallée étroite de direction Sud-Nord. Cet ensemble montagneux s'inscrit dans la grande partie Nord-Ouest des monts de Traras de la région des M'sirda Fouaga et Thata.

Au nord, le long de la côte d'Est en Ouest, s'étend une petite plaine, où s'étale la zone éparse de Ouled béni Aid. L'altitude moyenne est d'environ 120 mètres.

Au Sud, de cette plaine, on trouve une chaîne de montagne étendue d'Est en Ouest composée de Djbel Zandal (618 mètres), Djbel Trasmout (599 mètres), Djbel Hacén (476 mètres), Djbel Ali Ben Salah (520 mètres) et le Djbel de Mahdi (304 mètres).

Au Sud Est en Ouest, s'étale une plaine en forme d'une vallée (Bled Bou-Metire et Bled Argoub et Hafia. L'altitude moyenne avoisine les 260 mètres.

Au centre de la commune, où s'étend l'agglomération chef lieu, l'altitude moyenne est de 150 mètres. [1]

#### **IV.1.2. Cadre climatique :**

Le climat de la commune de Souk Tlata est de type semi-aride, caractérisé par un hiver assez froid et pluvieux et un été sec et chaud. C'est le climat caractéristique des monts des Traras occidentaux.

Le climat de zone côtière se caractérise par une saison relativement pluvieuse s'étalant du mois d'octobre à mai, la saison sèche s'étale sur une période de cinq mois (juin à septembre).

La température moyenne mensuelle oscille entre 13,3 °C et 26,1°C au mois d'août.

La pluviométrie moyenne annuelle est de 363 mm avec 78 mm au mois de novembre et 0,3 mm au mois le plus sec juillet.

L'humidité est assez importante au cours de l'année : elle varie entre 70,5 % et 74,7 % avec une moyenne de 72,5 %. [1]

## IV.2.caractéristique de la mer:

**Tableau IV.1:** Caractéristiques de l'eau de mer de Souk Tleta.

Paramètres	Unité	Conditions de base du site de la station de dessalement de Souk Tleta
Température	°c	24
Les solides dissous total	mg/l	37500
Les matières en suspension	mg/l	4
Chlorure	mg/l	20300
Calcium	mg/l	420
Sulfate	mg/l	3400
Strontium	mg/l	10
Magnésium	mg/l	1330
Sodium	mg/l	11650
Bicarbonate	mg/l	135
Bore	mg/l	5
pH		8

## IV.3. Présentation de la station du dessalement :

La station de dessalement d'eau de mer 200 000 m<sup>3</sup>/jour avec un taux de conversion 45%, est un projet pour la wilaya de Tlemcen qui comprend la réalisation et l'exploitation d'une usine de dessalement. Le site est situé sur la côte méditerranéenne d'Algérie à la commune de Souk Tlata.

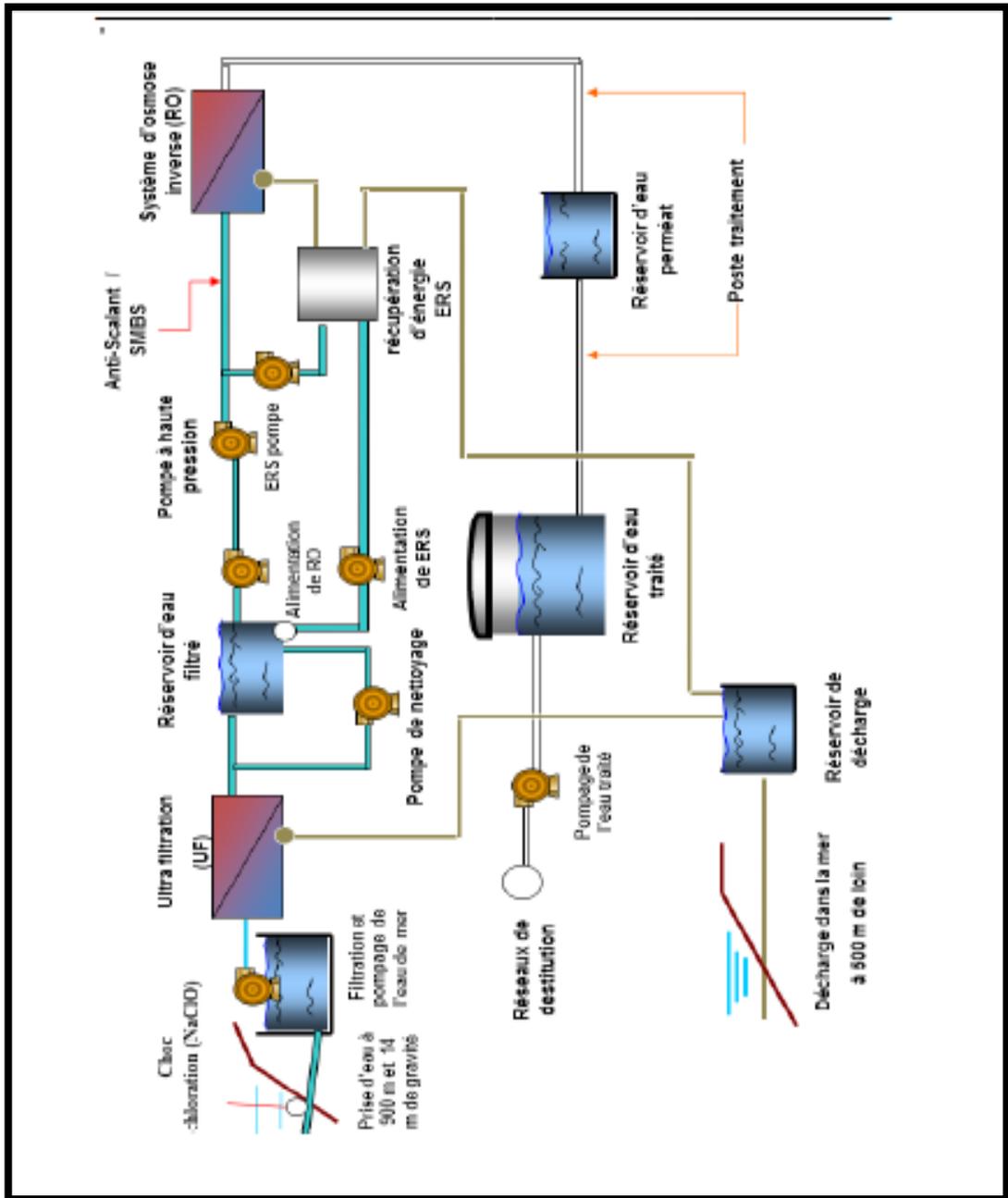
La station de dessalement a été étudiée sur la base des objectifs généraux suivants :

- Durée technique de 25 ans ;
- Fiabilité des installations ;
- Sécurité du personnel et des équipements ;
- Equipements, matériaux et procédés sûrs et testés ;
- Maintenance des installations ;
- Facilité de l'exploitation des installations ;
- Architecture se fondant dans le milieu environnant ;
- Protection de l'environnement,

Le processus du dessalement appliqué dans cette station est basé sur l'élimination des matières en suspensions ou un prétraitement avec le système d'ultrafiltration et l'élimination des matières solides dissoutes avec le système d'osmose inverse, et en fin l'étape de post traitement.

#### IV.4. Processus du dessalement appliqué dans la station du dessalement de Souk Tlata :

Le processus général du dessalement appliqué dans la station du dessalement de Souk Tlata est représenté dans le schéma ci-après (Figure IV.2).



**Figure IV.2 :** Processus du dessalement appliqué dans la station du dessalement de Souk Tlata.

Le procédé de la station peut être divisé en trois étapes:

- Le prétraitement
- ' l'Osmose Inverse
- Le post- traitement

Toutes les procédures sont contrôlées au niveau de la salle de contrôle.

Les principales étapes du procédé de la station sont résumées sur le schéma suivant:

#### **IV.4. 1.Prise d'eau de mer :**

L'alimentation de la station en eau de mer est réalisée par le biais d'une prise d'eau située à une profondeur de 10 mètres. Cette eau est entrée vers la station par effet gravitaire au moyen d'une canalisation de 900 mètres de longueur. Ce type de prise permet d'assurer une entrée d'eau avec un minimum de débris et avec des caractéristiques plus ou moins uniformes.

#### **IV.4.2. La chloration :**

Un dosage périodique d'hypochlorite de sodium NaOCL à 10mg/L/h est réalisé dans la prise d'eau pour assurer sa désinfection ainsi que celles des filtres permettant ainsi la réduction de la croissance biologique dans l'eau.

#### **IV.4.3.La filtration mécanique :**

La première phase du traitement consiste à faire passer l'eau de mer a travers deux filtres de différents diamètres:

- Le premier filtre (deux dégrilleurs grossiers, l'un de service et l'autre de secours) comportant des mailles de 20 mm de diamètre, permet l'élimination des grands organismes contenus dans l'eau de mer tels que les poissons.
- Le deuxième filtre (deux dégrilleurs fins, l'un de service et l'autre de secours), dont les mailles sont plus fines que celles du précédent avec 200 µm, sert à éliminer les petits organismes et les fines particules solides.

L'ensemble des filtres bénéficie d'un système de nettoyage automatique permettant d'enlever les débris accumulés sur les deux écrans.

#### IV.4.4. Station de pompage de l'eau de mer :

Il y a six pompes centrifuges horizontales (cinq en service et une en mode veille pendant le fonctionnement normale) alimentant l'eau de mer au système d'ultrafiltration (UF) avec un débit de  $5300\text{m}^3/\text{h}$  et une pression de 3.5 bars pour chaque pompe.



**Figure IV.3:** Le gros dégrilleur.



**Figure IV.4:** Les Tamis fin rotatifs.

#### IV.4.5. Système d'ultrafiltration :

L'Ultrafiltration est considérée comme l'étape la plus essentielle du prétraitement.

Le système d'ultrafiltration se compose de cinq rangers contenant chacun neuf trains dont huit seront mis en service et le neuvième prendra la position de lavage ou le nettoyage sur place (CIP) ou encore il sera en maintenance. Chaque train est muni de 144 modules UF type Hyflux's Kristal™ UF, avec un flux de 50 à 70 litres/m<sup>2</sup>/h et une superficie de 70m<sup>2</sup>/module.

Les membranes de type Hyflux Krisial™ UF (Figure IV.5) ont les caractéristiques suivantes:

- La longueur est égale à 80 pouces;
- Les dimensions des pores de la membrane sont de 0.015  $\mu\text{m}$  et 0.020  $\mu\text{m}$ .



**Figure IV.5:** Les modules d'ultrafiltration.

#### **IV.4.5.1. Le système de rétrolavage (backwash) :**

Avec l'accumulation des solides pendant la filtration, la résistance à l'écoulement augmentera et peut être surmenée par la soumission de la membrane à un écoulement en sens inverse avec le filtrat. Le lavage par l'air est introduit en même temps pour améliorer l'efficacité du rétro lavage (backwash).

Ce rétro lavage est effectué périodiquement, généralement toutes les 30 à 45 minutes, et est contrôlé de façon qu'un seul train par banque subisse le lavage.

#### **IV.4.5.2. Le nettoyage en place (CIP) :**

Si le lavage supprime la plupart des solides accumulés, il faudra effectuer périodiquement un nettoyage en place plus efficace de la surface des membranes d'ultrafiltration. Cela peut être réalisé en deux façons:

- La première est un nettoyage de maintenance fréquent (MC: maintenance cleans), avec de l'acide chlorhydrique HCl à pH entre 2 et 3 et un mélange d'hydroxyde de sodium NaOH et d'hypochlorite de sodium NaOCl à pH 11.

Il s'agit d'un contact de la membrane avec le produit chimique pendant 5 à 10 minutes. Cette courte durée permettra d'assurer une réduction maximale du temps d'arrêt du système.

- La seconde est un nettoyage de récupération qui exige un temps plus long (quelques semaines) et donne un résultat plus profond de la surface de la membrane avec de l'acide phosphorique  $H_3PO_4$  et nitrique  $HNO_3$ .

#### **IV.4.5.3. Réservoir d'eau filtrée :**

L'eau filtrée produite par les trains d'ultrafiltration est stockée dans de capacité de 11000 m<sup>3</sup>. Ce réservoir est la source d'alimentation en eau pour le système d'osmose inverse (RO) ainsi que pour le lavage des membranes d'ultrafiltration.

#### **IV.4.6.L'étape d'osmose inverse :**

Le dessalement de l'eau de mer est réalisé par un seul passage à travers le système osmose inverse. La section de l'osmose inverse comporte les équipements suivants:

- Système de dosage d'antitartre
- Les pompes d'alimentation d'osmose inverse.
- Le système de récupération d'énergie.
- Les pompes à haute pression.
- Unités d'osmose inverse.
- Réservoir de l'eau dessalée.
- Le système de nettoyage des membranes d'osmose inverse.

#### **IV.4.6.1.Dosage d'antitartre :**

Dans les membranes d'osmose inverse, il existe une possibilité de colmatage à cause de précipitation de carbonate de calcium. Afin de minimiser le colmatage un antitartre est utilisé. La station de dessalement de Souk Tlata est équipée avec un système de dosage d'antitartre.

#### **IV.4.6.2.Les pompes d'alimentation d'osmose inverse :**

Les pompes d'alimentation d'osmose inverse fournissent l'eau filtrée aux pompes de haute pression à partir du réservoir de l'eau filtrée.

#### **IV.4.6.3.Le système de récupération d'énergie :**

Ce système est basé sur l'utilisation d'échangeurs isobares. La saumure, conservant une haute pression (près de 63 bars) qui sera récupérée et transférée au courant d'eau de mer prétraitée avant les pompes à haute pression.

#### **IV.4.6.4. Les pompes à haute pression :**

Ces pompes augmentent la pression de l'eau filtrée à la pression requise pour le fonctionnement des membranes du système de l'osmose inverse. La haute pression de l'eau filtrée est mélangée avec de l'eau filtrée mise sous pression par le système de récupération d'énergie. Il y a 13 unité d'osmose inverse et chaque unité d'osmose inverse est muni par une pompe à haute pression, donc treize (13) pompes à haute pression sont fournis (**Figure IV.6**).



Figure IV.6 : Pompe à haute pression.

**IV.4.6.5. Unités d'osmose inverse :**

Dans la station de dessalement de Souk Tlata, treize (13) unités d'osmose inverse sont installées (Figure IV.7). Le dessalement de l'eau de mer se produit dans cette seule étape.

Chaque unité est constituée de 192 cuves sous pression et chaque cuve contient 7 membranes de 8 pouces diamètre. Ce système d'osmose inverse est conçu pour récupérer 45% de l'eau dessalée, tandis que le reste (saumure) est rejeté à la mer.



Figure IV.7: Unités d'osmose inverse.

#### **IV.4.6.6. Réservoir de l'eau dessalée :**

Ce réservoir est utilisé pour le stockage tampon de l'eau dessalée après l'osmose inverse. Cette eau dessalée est utilisée aussi pour rincer tout le système d'osmose inverse.

#### **IV.4.5.7. Le système de nettoyage des membranes d'osmose inverse :**

Un système de nettoyage est mis en place pour nettoyer les membranes l'osmose inverse. En cas de colmatage des membranes en utilisant des produits chimiques. Le nettoyage chimique est une opération contrôlée et déclenché manuellement.

#### **IV.7. Post Traitement :**

##### **IV.6.1. La désinfection finale :**

Cette étape est nécessaire pour le système d'approvisionnement en eau potable.

La teneur en chlore libre après la désinfection est contrôlée de 0,5 à 1 ppm. Il y a un analyseur de chlore libre installé juste après le réservoir de désinfection pour surveiller et contrôler la chloration (**Figure IV.8**). Deux pompes de dosage sont prévues pour la désinfection de post-traitement. Le débit de dose de chlore est réglé manuellement.

L'eau s'écoule du réservoir d'eau dessalée vers le réservoir de chloration et le réservoir de l'eau traitée par gravité.

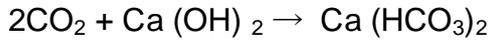


**Figure IV.8 :** Réservoir d'hypochlorite de sodium utilisé pour la désinfection finale.

##### **IV.6.2. Reminéralisation (dosage du dioxyde de carbone et de la chaux) :**

La reminéralisation de l'eau dessalée est réalisée par le dosage du CO<sub>2</sub> et de la chaux avant que l'eau entre dans le réservoir de stockage d'eau traitée. Le dioxyde de carbone et la chaux

(hydroxyde de calcium) réagissent ensemble pour former du bicarbonate de calcium (Figures IV.9-IV.10). Comme conséquences on a une augmentation du pH et LSI de l'eau à la gamme désirée, et la formation d'une eau stable "non-agressive" pour la distribution et la consommation humaine, selon la réaction :



**Figure IV.9:** Système de dosage du  $\text{CO}_2$  . **Figure IV.10:** Système de dosage de la chaux.

#### **IV.7. Réservoir d'eau traitée :**

L'eau traitée après la désinfection et la stabilisation est stockée dans le réservoir d'eau traitée. Il est divisé en deux compartiments, et chacun d'eux peut fonctionner séparément, un est en service alors que l'autre compartiment est maintenu ou nettoyé.

#### **IV.8. Station de pompage de l'eau traitée :**

Il y a un total de quatorze (14) pompes d'eau traitée, dont douze (12) pompes sont en service et deux (2) pompes sont en veille (**Figure IV.11**).



**Figure IV.11:** Station de pompage de l'eau traitée.

## V.1.Introduction :

L'étude expérimentale consiste à effectuer des analyses physicochimiques d'eau de dessalement et de l'eau de mer, pour mieux comprendre l'importance de ce mode de traitement et surtout le taux, de sel enlever , ainsi de quelques éléments minéraux dans l'eau.

Nous avons effectué des prélèvements des eaux en entrée et en sortie de la station de Souk Tlata.

## V.2. Echantillonnage et mode de prélèvement :

La station est équipée de deux points de prélèvement d'échantillons :

- ❖ Au niveau de la prise d'eau de mer.
- ❖ Au niveau du réservoir de l'eau traitée.
  - Le prélèvement a été effectué selon les étapes suivantes :
  - Préparation de trois flacons propres en plastique d'un litre pour l'échantillonnage.
  - Ouvrir la vanne d'échantillonnage et permettre à l'eau de s'écouler pendant au moins 2 minutes avant la collection.
  - Rinçage du flacon d'échantillonnage au moins deux fois avec de l'eau traitée.
  - Remplir chaque flacon lentement avec un faible débit pour éviter les turbulences et la formation des bulles d'air.
  - Fermer le flacon et s'assurer qu'il n'y a pas de vide au-dessus de l'échantillon.
  - Étiquetages des flacons d'échantillonnage en déterminant le point de prélèvement, la date et l'heure.
  - Il est recommandé d'effectuer l'analyse immédiatement après la collecte. Si non, conserver l'échantillon avec la méthode de stockage appropriée en conséquence.

### V. 3. Analyses physico-chimiques :

Les analyses physicochimiques que nous avons réalisées ont été effectuées dans le laboratoire de contrôle de la station de dessalement de Souk Tleta du 23 décembre 2014 au 20 Mars 2015.

Quatre prélèvements de l'eau de mer (généralement la composition de l'eau de mer ne change pas) sauf pour la turbidité qui est un facteur important et qui change chaque jour suivant l'état de l'eau de mer qui est effectué quotidiennement.

Vingt deux prélèvements à la sortie de la station c'est-à-dire après traitement qui ne permet de voir la bonne potabilité de l'eau.

Les techniques d'analyses sont celles décrites par Rodier (2009). Les principales analyses effectuées sont :

- Les facteurs organoleptiques :
  - ❖ Evaluation de la couleur, de l'odeur et de la saveur ;
  - ❖ Mesure de la turbidité.
- Les facteurs physico-chimiques :
  - ❖ Mesure de la température, du pH, de la conductivité, du titre alcalimétrique, du titre hydrométrique, de l'indice de Langelier (LSI), des sels totaux dissouts (TDS) et de la teneur en chlore libre ( $Cl_2$ ).
  - ❖ La teneur en composants d'ion majeurs :
    - les cations : Calcium ( $Ca^{2+}$ ), Sodium ( $Na^{2+}$ ), Potassium ( $K^+$ ), Magnésium ( $Mg^{2+}$ ).
    - les anions: Chlorure ( $Cl^-$ ), Nitrates ( $NO_2^-$ ), Nitrites ( $NO_3^-$ ), Sulfates ( $SO_4^{2-}$ ), les bicarbonates ( $HCO_3^-$ )
  - ❖ Le Bore (B).

**Tableau V.1** : Paramètres mesurés et méthodes d'analyses, de mesures et de calculs utilisés.

<b>Paramètre</b>	<b>Unité</b>	<b>Méthode d'analyse</b>
Température	°c	Thermométrie
pH		Potentiométrie(pH mètre HACH)
Alcalinité totale TAC	mg/l CaCO <sub>3</sub>	Méthode titrimétrique a HCL 0.02mol
Bicarbonate	mg/l HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Calcul
Dureté totale TH	mg CaCO <sub>3</sub>	Méthode titrimétrique a EDTA ou calcul
Conductivité électrique	µs-ms	Conductimètre HACH
Total des solides dissous TDS	mg/l	Méthode gravimétrique ou par calcul
Total de solide en suspension TSS	mg/l	Méthode gravimétrique ou par spectromètre
Chlore libre		Colorimétrique
Sodium	mg/l	Chromatographie ionique
Potassium	mg/l	Chromatographie ionique
Calcium	mg/l	Chromatographie ionique
Magnésium	mg/l	Chromatographie ionique
Bromate	mg/l	Chromatographie ionique
Chlorure	mg/l	Chromatographie ionique
Nitrate	mg/l	Chromatographie ionique
Nitrite	mg/l	Chromatographie ionique
Sulfate	mg/l	Chromatographie ionique
LSI	-	Calcul

N. B. 1 mg/LCaCO<sub>3</sub> =50 meq/L = 10°F.

#### V.4. Les facteurs organoleptiques :

Les paramètres organoleptiques mesurés dans le laboratoire de la station de dessalement sont la turbidité et la couleur, ces derniers ont été évalués selon les procédures d'opération standards suivantes:

##### V .4.1. La couleur :

- **Solutions et matériels utilisés :**

- L'eau ultra pure.
- Colorimètre HACH DR 890 (**Figure V.1**).
- Cuvette en verre (25 ml).

- **Mode opératoire :**

- 1) Rincer la cuvette avec l'eau ultra pure et la remplir avec 25 ml de l'eau ultra pure (le blanc) ;
- 2) Placer le blanc dans le colorimètre et appuyer sur le zéro ;
- 3) Rincer la cuvette avec l'eau ultra pure et la remplir avec 25 ml de l'eau à analyser ;
- 4) Placer la cuvette qui contient l'échantillon dans le colorimètre et appuyer sur READ ;
- 5) La mesure de la couleur est affichée en (Pt Co) sur l'écran de l'appareil ;
- 6) Rincer les cuvettes.



**Figure V.1:** colorimètre HACH DR 890.

#### V.4 .2.La turbidité :

- **Solutions et matériel utilisé :**

- Cuvette.
- Turbidimètre (**Figure V.2**).
- Eau ultra pure.
- Solutions d'étalons (800NTU .100NTU. 20NTU. 0,02NTU).

- **Mode opératoire :**

A l'aide d'un turbidimètre la mesure de la turbidité est effectuée selon les étapes suivantes :

- 1) Calibrer le turbidimètre avec les solutions d'étalons (800NTU. 100NTU. 20NTU. 0,02NTU) ;
- 2) Vérifier la fiabilité d'étalonnage avec la mesure de la turbidité de l'un des solutions d'étalons ;
- 3) Agiter doucement le flacon contient l'eau à analyser ;
- 4) Rincer la cuvette avec l'eau ultra pure et la remplir avec 10 ml de l'eau à analyser ;
- 5) Nettoyer la cuvette et s'assurer que la surface de la cuvette est sèche et qu'elle ne contient aucunes tâches ;
- 6) Placer la cuvette dans le turbidimètre et appuyer sur READ ;
- 7) La mesure est affichée sur l'écran en NTU de l'instrument ;
- 8) Rincer la cuvette.



**Figure V.2:** Turbidimètre.

• **Calibrage et vérification :**

Le calibrage de turbidimètre se fait à l'aide de quatre solutions standards à une turbidité bien déterminé (800, 100, 20 et 0.02 NTU). L'étalonnage se fait chaque semaine et elle se déroule de la façon suivante:

- 1) Dans la liste de programmes de l'appareil, on choisit (calibrage);
- 2) Premièrement, mesurer la turbidité de la solution standard de 800 NTU;
- 3) Deuxièmes, mesurer la turbidité de la solution standard de 100 NTU;
- 4) Ensuite, mesurer la turbidité de la solution standard de 20 NTU;
- 5) Et enfin, mesure la turbidité de la solution standard de 0.02 NTU.

La vérification se réalise par la solution standard de la turbidité 20 NTU.

**V.5. Paramètres physico-chimiques de l'eau :**

**V.5.1. pH:**

Dans le laboratoire de la station de dessalement de l'eau de mer de Souk Tlata, La mesure du pH est réalisée à l'aide d'un pH mètre de type (HACH sonsION<sup>tm</sup> pH 31) après un étalonnage de cette dernière avec trois solutions (**Figure V.3**), (pH4, pH7, pH10).



**Figure V.3:** pH mètre (HACH sonsION<sup>tm</sup> pH 31).

• **Mode opératoire :**

- 1) Allumer le pH mètre ;
- 2) Agiter l'échantillon doucement et verser 100 ml de l'eau à analysée dans un bécher propre ;
- 3) Rincer la sonde avec de l'eau ultra pure puis avec de l'eau à analysée ;
- 4) Immerger la sonde dans l'échantillon et essayer d'éliminer les bulles d'air au cours de la stabilisation de la mesure avec une simple agitation de la sonde ;
- 5) Enregistrer la valeur du pH et la température qui sont affichées sur l'appareil après la stabilisation de la lecture ;
- 6) Rincer la sonde ;
- 7) Arrêter l'appareil ;
- 8) Immerger la sonde dans la solution de la conservation appropriée.

• **Calibrage et vérification**

Le calibrage du pH-mètre se fait à l'aide de trois solution standards à un pH bien déterminé (pH 4,01, pH 7,00 et pH 10,01). Cette opération d'étalonnage se fait quotidiennement, chaque matin avant la prise des mesures. Elle se déroule de la façon suivante:

- 1) Dans la liste de programmes du l'appareil, on choisit (Calibrage);
- 2) Premièrement, mesurer le pH de la solution standard pH 7,00;
- 3) Ensuite, mesurer le pH de la solution standard pH 4,01 ;
- 4) Et enfin, mesurer le pH de la solution standard pH 10,01.

**Remarque :**

A chaque passage d'une mesure à l'autre, et pour éviter tout type de contamination, il est obligatoire de rincer la sonde avec de l'eau ultra pure et de bien sécher.

La sonde est trempée dans une solution standard de chlorure de potassium (KC1).

La vérification se réalise de la façon suivante:

- 1) Dans la liste de programmes du pH-mètre, choisir (Mesure du pH);
- 2) Vérifier l'efficacité du calibrage en mesurant le pH de la solution standard pH 7,00.

Enfin, le pH -mètre est prêt à être utilisé pour mesurer le pH des échantillons.

**V.5.2. Conductivité électrique :**

La mesure de la conductivité électrique est réalisée à l'aide d'un conductimètre de type (HACH sonsIONtm EC7) après un étalonnage de cette dernière avec trois solutions (147  $\mu$ S/cm, 1413  $\mu$ S/cm, 12,88 mS/cm), (**Figure V.4**).

• **Mode opératoire :**

- 1) Allumer le conductimètre ;
- 2) Agiter l'échantillon doucement et verser 100 ml de l'eau à analyser dans un bécher propre ;
- 3) Rincer la sonde avec de l'eau ultra pure puis avec de l'eau à analyser ;
- 4) Immerger la sonde dans l'échantillon et essayer d'éliminer les bulles d'air au cours de la stabilisation de la mesure avec une simple agitation de la sonde ;
- 5) Enregistrer la valeur de la conductivité électrique et la température qui sont affichées sur l'appareil après la stabilisation de la lecture ;
- 6) Rincer la sonde ;
- 7) Arrêter l'appareil.



**Figure V.4 :** Conductimètre (HACH sonIONtm EC7).

• **Calibrage et vérification :**

Le calibrage du conductimètre se fait à l'aide de trois solutions standards à une conductivité bien déterminée (EC1 = 147  $\mu$ S/cm, EC2 = 1413  $\mu$ S/cm et EC3 = 12.88 mS/cm). Cette opération d'étalonnage se fait chaque semaine et elle se déroule de la façon suivante :

- 1) Dans la liste de programmes de l'appareil, on doit choisir (Calibrage);
- 2) Premièrement, mesurer la conductivité de la première solution standard à EC1 = 147  $\mu$ S/cm;
- 3) Ensuite, mesurer la conductivité de la seconde solution standard à EC2 = 1413  $\mu$ S/cm;
- 4) Et enfin, mesurer la conductivité de la dernière solution standard à EC3 = 12,88 mS/cm.

**Remarque :**

A la fin de chaque mesure, il est obligatoire de rincer la sonde avec de l'eau ultra pure et de bien sécher avant de passer à la mesure suivante.

**V.5.3. Alcalinité total :**

• **Solution et matériels utilisés :**

- HCl 37%.
- Carbonate de sodium.
- Burette graduée de 10 ml.
- Pipette (100 ml).
- Pipette (25 ml).
- Micropipette (1 à 5 ml).
- Micropipette (100 à 1000 µl).
- Fiole jaugée en verre (1000 ml).
- 2 fioles jaugées en verre (500 ml).
- pH mètre.
- Agitateur magnétique.
- Eau ultra pure.
- Dessiccateur
- Étuve de laboratoire.

• **Mode opératoire :**

- 1) Préparation de la solution mère de HCl (0,1 M) ;
- 2) Préparation de la solution mère de carbonate de sodium (0,025 M) ;
- 3) Etalonnage du HCl (0,1 M) avec du carbonate de sodium (0,025 M) avec la méthode de détection potentiométrique ;
- 4) Détermination du blanc ;
- 5) Préparation du HCl (0,02 M) ;
- 6) Mesurer le pH initial de l'échantillon ;
- 7) Noter le volume initial du HCl dans la burette ;
- 8) Titration de 100 mL de l'eau à analyser avec HCl (0,02 M) jusqu'au pH d'échantillon atteindre  $4,5 \pm 0,5$  ;
- 9) Noter le pH final d'échantillon après titration et aussi le volume final du HCl dans la burette.

• **Expression des résultats :**

$$\text{Alcalinité totale (mg/L comme CaCO}_3) = \frac{\text{concentration HCL (0.02M)} * V_1 * 50000}{V_2}$$

- Concentration du HCl = 0.0193 M.
- $V_1$  = volume de HCl titré en ml.
- $V_2$  = 100 ml (volume d'échantillon).

- **Détermination bicarbonates  $\text{HCO}_3^-$  :**

Les hydrogénocarbonates sont calculés à partir de valeurs d'alcalinité selon la formule simplifiée suivante:

$$[\text{HCO}_3^-] (\text{mg/LHCO}_3) = \frac{61}{50} * \text{Alcalinité totale}$$

- **Détermination de carbonates  $\text{CO}_3^{2-}$  :**

Les carbonates sont calculés selon la formule suivante:

$$[\text{CO}_3^{2-}] (\text{mg/L CaCO}_3) = 0,94 \times [\text{HCO}_3^-] \times 10^{(\text{pH}-10)}$$

#### V.5.4. Titre hydrométrique :

- **Solutions et matériels utilisés :**
- **Détermination de TH par titrage par l'EDTA :**
- **Solutions et matériels utilisés :**

- 1) Echantillon à analyser.
- 2) Solution d'EDTA (10 mol/L).
- 3) Solution de noir de mordant 11 (indicateur coloré).
- 4) Solution tampon d'ammonium à pH= 10.
- 5) Fiole d'erlenmeyer .
- 6) Burette graduée.
- 7) Micropipette.

- **Mode opératoire :**

- 1) Verser 50 ml d'eau à analyser dans l'erlenmeyer;
- 2) Mesurer 4 ml d'ammonium par la micropipette et les ajouter dans l'Erlenmeyer;
- 3) Rajouter 3 gouttes du noir de mordant 11; le mélange se colore en rose-violet;
- 4) Agiter l'ensemble pour avoir une solution homogène;
- 5) Titrer par l'EDTA goutte à goutte jusqu'au virage de couleur en bleu.

Le calcul de TH se fait par la formule suivante:

$$\text{TH (mg /L CaCO}_3) = \frac{\text{Concentration d'EDTA x Volume d'EDTA consommé}}{\text{Volume d'échantillon}}$$

Avec:

- Concentration d'EDTA = 10 mol/l.
- Volume d'EDTA consommé en ml=  $V_2 - V_1$  (avec:  $V_1$  est le volume initiale d'EDTA contenant dans la burette et  $V_2$  est le volume final restant dans la burette).
- Volume d'échantillon = 50ml.

• **Détermination de TH par calcul :**

Cette méthode ne pourra être utilisée qu'après les mesures de concentrations de  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  la formule simplifiée est la suivante:

$$\text{TH} \left( \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{CaCO}_3 \right) = 2,497 [\text{Ca}^{2+}] + 4,118 [\text{Mg}^{2+}]$$

**V.5.5. La matière solide dissoute totale (TDS) :**

• **Détermination de TDS par méthode gravimétrique :**

• **Solution et matériels utilisés :**

- 1) Echantillon à analyser.
- 2) Pipette de 25 ml.
- 3) Dessiccateur.
- 4) Balance électronique de type DENVER TB-2 14.  
Papier filtre de forme cyclique, de type Whatman 934-AH, d'un diamètre de 47 mm.
- 5) Capsule d'évaporation.
- 6) Entonnoir de filtration.
- 7) Bécher.
- 8) Pompe de filtration.
- 9) Minuterie.
- 10) Etuve à convection naturelle de type ED53- BINDER.

• **Mode opératoire:**

- 1) Préchauffer l'étuve à 180 °C;
- 2) Sécher la capsule propre et vide dans l'étuve à 180 °C pendant 2 heures (Minuterie réglée pour 2 heures);
- 3) Mettre la capsule sèche dans le dessiccateur pendant 20 minutes (en utilisant toujours la minuterie);
- 4) Peser la capsule sèche et vide en utilisant la balance électronique, c'est le  $W_a$ ;
- 5) Homogénéiser l'échantillon et prendre 25 ml d'eau à l'aide de la pipette;
- 6) Verser le volume sur le papier filtre fixé sur l'entonnoir;

- 7) Démarrer la pompe de filtration, qui aspire le filtrat dans un bécher;
- 8) Verser le filtrat dans la capsule;
- 9) Chauffer l'ensemble (la capsule + le filtrat) dans l'étuve pendant 2 heures à 180 °C;
- 10) Mettre l'ensemble dans le dessiccateur pendant 20 minutes;
- 11) Peser l'ensemble ; c'est la  $W_b$ .

Le calcul de TDS est réalisé par la formule suivante:

$$\text{TDS (mg/l)} = \frac{W_b - W_a}{V} \times 10^6$$

Avec:

- $W_b$  : le poids de l'ensemble (capsule + filtrat) après chauffage et séchage en g;
- $W_a$ : le poids de la capsule vide après chauffage et séchage en g;
- $V$  : volume d'échantillon qui est égal à 25 ml.



**Figure V.5** : Papier filtre.



**Figure V.6** : Etuve à convection naturelle  
ED53-BINDER.

**•Détermination de TDS par calcul :**

La manière commode de mesurer la TDS est d'examiner la conductivité de l'échantillon. La conductivité est une mesure de la capacité de l'eau à faire passer un courant électrique, cette traversée est affectée par la présence des matières solides dissoutes. La conductivité est multipliée par un facteur fixé à l'avance.

Le facteur de TDS est mesuré de la façon suivante:

- 1) Mesurer le EC d'une gamme d'échantillons;
- 2) Mesurer le TDS des mêmes échantillons;
- 3) Le facteur de TDS d'un échantillon est déduit par la division de TDS sur EC de même échantillon;

$$\text{Facteur de TDS} = \frac{\text{TDS}}{\text{EC}}$$

Avec:

- TDS en mg/l;
- EC en  $\mu\text{s/cm}$ ;
- On obtiendra une série de valeurs de facteurs de TDS;
- On calcul la moyenne pour avoir un seul facteur de TDS;

De cette façon on obtiendra un facteur de TDS qui permet au futur de mesurer le TDS directement sans passer par la méthode gravimétrique;

$$\text{TDS (mg/l)} = \text{EC} \times \text{Facteurs de TDS}$$

**Remarque:**

Le facteur de TDS se change d'un endroit du prélèvement à l'autre à cause de la variation d'EC.

**V.5.6.Total de solides en suspension TSS :**

**• Détermination de TSS par spectrométrie :**

- 1) Sur le programme du spectromètre HACH DR 2700, il faut choisir mesure de TSS;
- 2) Remplir une cuvette en verre de spectromètre propre et sèche, avec 10 ml de l'eau ultra pure;
- 3) Insérer la cuvette dans l'appareil et appuyer sur ZERO pour l'étalonner; l'écran affichera 0 mg/L;
- 4) Remplir la deuxième cuvette avec 10 ml de l'eau à analyser;
- 5) Insérer la cuvette dans l'appareil et appuyer sur READ;
- 6) La valeur de mesure s'affiche directement sur l'écran de l'appareil en ppm.



**Figure V.7 :** Spectromètre HACH DR 2700.

**. Détermination de TSS par gravimétrie :**

Pour déterminer le TSS par méthode gravimétrique, on a suivi les mêmes étapes que celles de mesure de TDS en utilisant l'étuve à une température qui installe entre 103°C à 105°C au lieu de 180°C.

Mais dans cette opération, c'est ce qui reste sur le papier filtre qui est concerné par le chauffage, le séchage et le calcul du poids.

**V.5.7. Indice de Langelier de saturation (LSI) :**

L'indice de saturation est défini comme suit :  $LSI = pH - pH_s$ . Pour déterminer le  $pH_s$ , il faut d'abord mesurer les paramètres suivants :

- Mesurer l'alcalinité totale ;
- Mesure la conductivité électrique ;
- Déterminer la concentration en calcium ;
- Mesure le pH et la température lors du prélèvement de l'échantillon ;

Après avoir mesuré les paramètres ci-dessus, il suffit juste d'utiliser l'équation suivante pour calculer le  $pH_s$  l'indice de saturation.

$$LSI = pH - pH_s$$

Où :

$$pH = pH \text{ de l'eau.}$$

pH<sub>s</sub> = pH de saturation ou pH pour lequel on obtient l'équilibre calco-carbonique de l'eau.

$$\text{pH}_s = \text{FA} + \text{FD} + \text{FT} - \text{Constante}$$

Où:

$$\text{FA} = \log [\text{alcalinité (CaCO}_3\text{)}]$$

$$\text{FD} = \log [\text{Ca}^{2+}]$$

$$\text{FT} = [- 0.25 + (0.00825 \times \text{Température})] ; (\text{en } ^\circ\text{F})$$

#### **V.5.7. Le chlore libre :**

- **Matériel utilisé :**

- L'eau ultra pure.
- Colorimètre HACH DR 890.
- Cuvette en verre (25 mL).
- Réactif pour dosage du chlore libre (DPD : Diéthyl-P-Phénylénediamine).

#### **Remarque:**

Le DDP signifie N, N - Diéthyl-P-Phénylène diamine est une amine aromatique, utilisée comme réactif pour le dosage du chlore, du brome et de l'ozone dans l'eau via colorimétrie.

- **Dosage du chlore libre :**

- 1) Il est recommandé de doser le chlore libre immédiatement après le prélèvement de l'échantillon ;
- 2) Rincer la cuvette avec l'eau ultra pure et la remplir avec 10 mL de l'eau à analyser (le blanc) ;
- 3) Placer le blanc dans le colorimètre et appuyer sur le zéro ;
- 4) mélanger le réactif (un seul sachet du DPD) avec le blanc et agiter jusqu'à la dissolution complète du réactif dans le blanc ;
- 5) Placer le blanc contenant le réactif dans le colorimètre et appuyer sur READ ;
- 6) La concentration du chlore libre est affichée en mg/L sur l'écran de l'appareil ;
- 7) Rincer la cuvette.



Figure V.8 : Colorimètre HACH DR 890.

### V.6. Dosage des ions majeurs et du Bore :

Le dosage des ions majeurs et du bore a été effectuée dans le laboratoire de la station de dessalement de Souk Tlata à l'aide de trois chromatographies ioniques, une pour le dosage des anions, une pour le dosage des cations et la troisième pour le dosage du bore.



1.Boitier, 2.Pump, 2.Colonne de séparation, 3.Thermostat, 4.Suppression, 5.Détection.

Figure V.9 : Chromatographie ionique (881 Compact IC pro).

**Principe :**

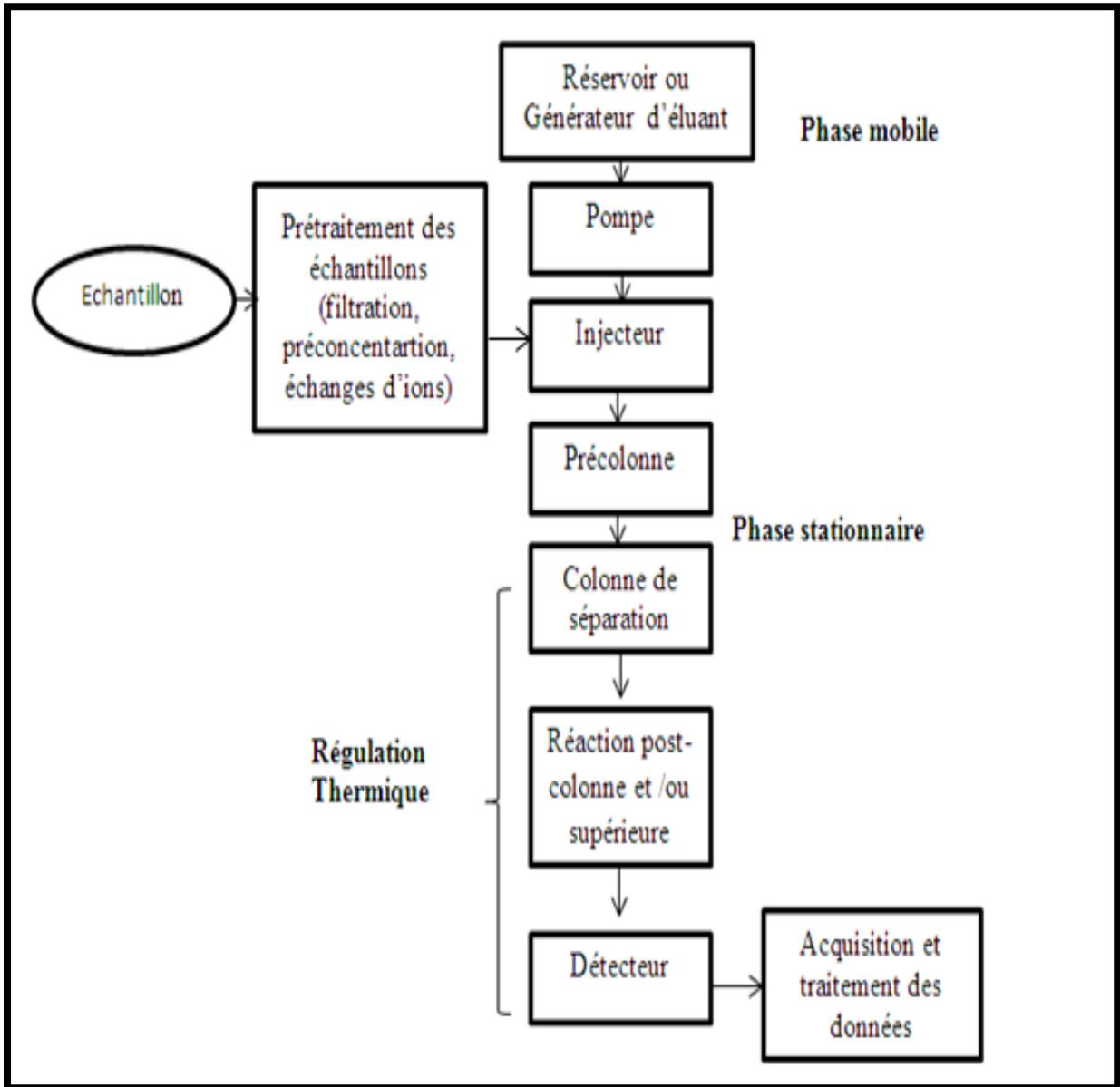
La chromatographie ionique ou chromatographie des ions en phase liquide est un procédé apparenté à la chromatographie liquide haute performance mais elle possède des particularités notables principalement au niveau de la séparation et des modes de détection.

La chromatographie est un procédé physicochimique qui permet la séparation des constituants d'un mélange. Le principe de séparation repose sur la distribution des solutés entre 2 phases non miscibles : une phase stationnaire contenue dans une colonne sous forme d'un solide finement divisé et une phase mobile qui traverse cette colonne et entraîne l'échantillon contenant le mélange à analyser.

La phase mobile (ou éluant) tend à entraîner les espèces à séparer alors que la phase stationnaire tend à les ralentir par la mise en jeu d'interactions diverses. Les solutés sont injectés à une extrémité de la colonne et détectés en sortie de colonne par un détecteur approprié. Ils sont identifiés par le temps mis pour parcourir la longueur de la colonne (temps de rétention).

Dans le cas de la chromatographie ionique (CI), le procédé physicochimique utilisé pour la séparation des ions est l'échange d'ions. Le mécanisme de cette séparation par échange d'ions repose sur une compétition entre des ions de même charge présents respectivement dans l'échantillon et dans la phase mobile vis-à-vis du groupement fonctionnel de la phase stationnaire de charge opposée.

La phase stationnaire comporte en surface des sites ionisables (échangeables, de type échangeurs d'ions) et la phase mobile est une solution aqueuse de sels contenant l'ion appelé « ion développeur », qui entre en compétition avec les ions de même charge de l'échantillon pour l'échange ionique sur les sites échangeables de la phase stationnaire. Ces échanges assurent la séparation des ions présents dans l'échantillon, le composé étant d'autant mieux retenu par la phase stationnaire que la charge qu'il porte est élevée. Ce procédé est particulièrement adapté à la séparation des ions en solution (anions ou cations) [27].



**Figure V.10:** Schéma général des différentes étapes de la chromatographie.

### V.6.1. Cations majeurs (Sodium, Potassium, Calcium, Magnésium)

Les analyses des ions cationiques (sodium, potassium, calcium, et magnésium) des eaux de la station sont réalisées par Chromatographie Metrohm Compact IC 881 pro.

**Tableau V.2:** Caractéristiques de la Chromatographie Metrohm Compact IC 881 pro Cation.

Paramètres	les caractéristiques
Type de colonne	Metrosep C 4- 100/4, O
Eluent (composition)	Acide nitrique + Acide Dipicolinique
conductivité d'éluent	710 -720 pS/cm
Pression	5,9 Mpa
Débit	0,9 mL/ min
T°C de colonne	30°C
Volume d'injection	10 µL

• **Matériel utilisé :**

- Balance analytique.
- Chromatographie ionique pour cations (881 Compact IC pro, Metrohm).
- Plaque chauffante avec agitateur.
- Spatule.
- Micropipette (100 à 1000µL).
- Acide dipicolinique.
- Acide nitrique (60%).
- Eau ultra pure.
- Fiole jaugée en plastique (1000 mL).
- 4 fioles jaugées en verre (100 mL).
- Solution étalon de Calcium (1000 ppm).
- Solution étalon de Potassium (1000 ppm).
- Solution étalon de Magnésium (1000 ppm).
- Solution étalon de Sodium (1000 ppm).
- Seringue (10 µL).

• **Préparation d'éluant :**

- Rincez une fiole jaugée de 1000 mL avec de l'eau ultra pure.
- Peser 0,117g d'acide dipicolinique.
- Dissoudre l'acide dipicolinique dans environ 250 mL d'eau ultra pure sous chauffage.
- Après la dissolution, laissez la solution refroidir puis la diluer dans 400 ml d'eau ultra pure dans la fiole jaugée.
- Pipeter 0,130 ml d'acide nitrique et les verser dans la même fiole.
- Remplir la fiole et Compléter au trait avec de l'eau ultra pure.

- Verser l'éluant préparé dans le flacon d'éluant en plastique de deux litres de l'appareil de la chromatographie ionique.

• **Préparation des solutions étalons et étalonnage :**

La préparation des solutions d'étalonnage pour les cations se fait à partir des solutions mères (1000 ppm).

**Tableau V.3 :** Les concentrations des solutions d'étalonnage du chromatographie ionique (cations).

Solution Standard (100 ml)	Standard 1 (mg/l)	Standard 2 (mg/l)	Standard 3 (mg/l)	Standard 4 (mg/l)
Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ )	1	5	10	20
Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ )	0,25	0,5	1	2
Sodium ( $\text{K}^+$ )	1	5	10	20
Potassium ( $\text{Na}^{2+}$ )	1	2.5	10	20

- Démarrer l'appareil et s'assurez que la ligne de base du chromatogramme est comprise entre 712 et 716  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

- Étalonner l'appareil avec les quatre solutions standards.

- Vérifier la fiabilité d'étalonnage avec le dosage des concentrations de l'un des étalons préparés.

• **Dosage des cations:**

- Démarrer l'appareil et s'assurer que la ligne de base du chromatogramme est comprise entre 712 et 716  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

- Injecter avec une seringue de 2 ml de l'eau traitée à analyser dans l'appareil.

- Les concentrations sont obtenues en ppm à l'aide d'un chromatogramme sous forme de pics de conductivité électrique.

- Injecter de l'eau ultra pure pour nettoyer l'appareil.

- Arrêter l'appareil.

• **Etalonnage de la Chromatographie**

Etalonner la chromatographie ionique avec les solutions standards en les enregistrant comme des références.

On obtient une courbe linière d'étalonnage pour chaque ion:

- Sodium Na<sup>+</sup>:

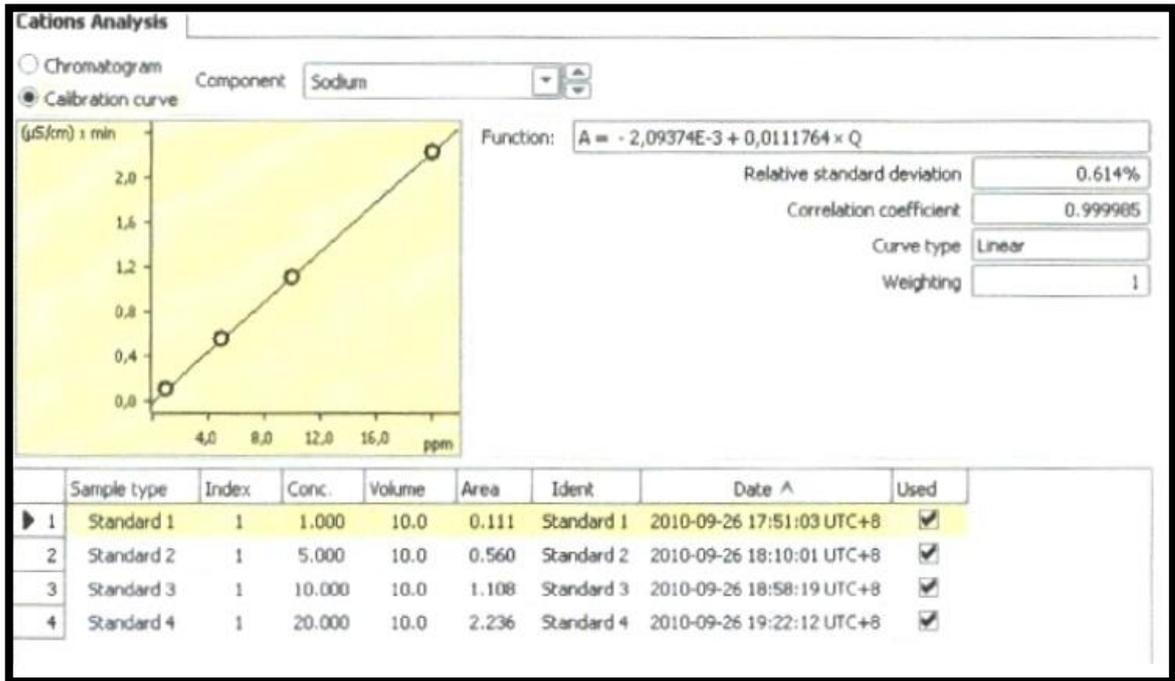


Figure V.11 : Courbe d'étalonnage de Sodium.

- Magnésium Mg<sup>2+</sup> :

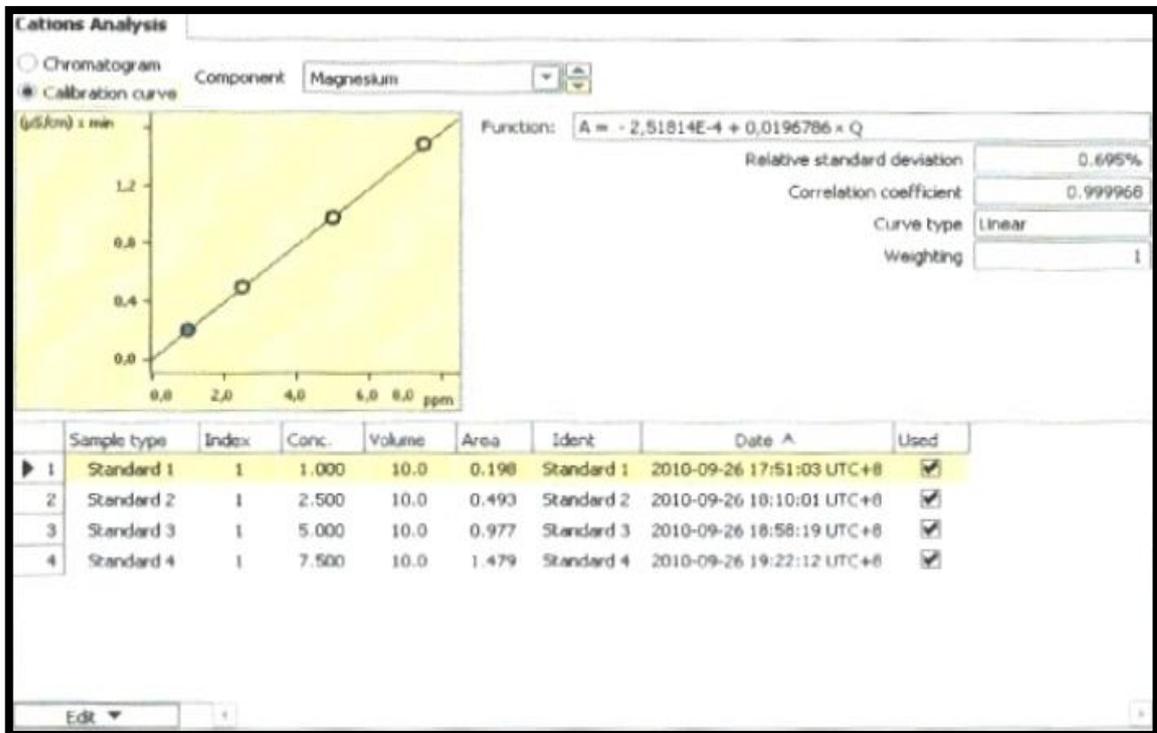


Figure V.12: Courbe d'étalonnage de Magnésium.

- Potassium  $K^+$ :

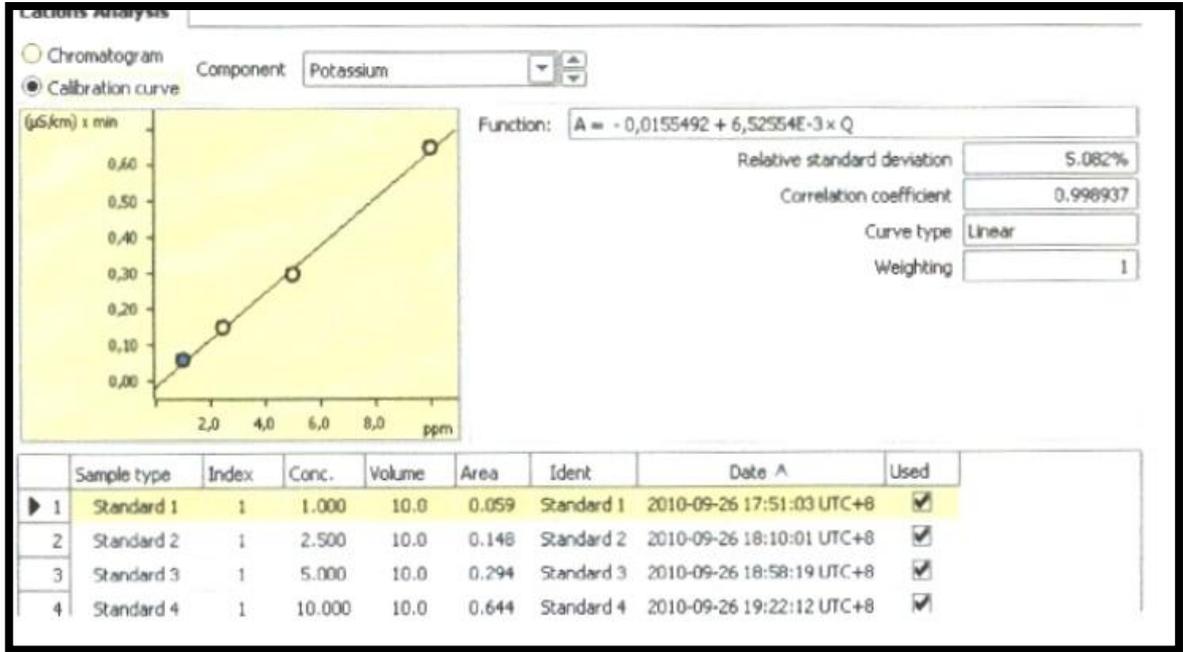


Figure 13 : Courbe d'étalonnage de potassium

- Calcium  $Ca^{2+}$ :

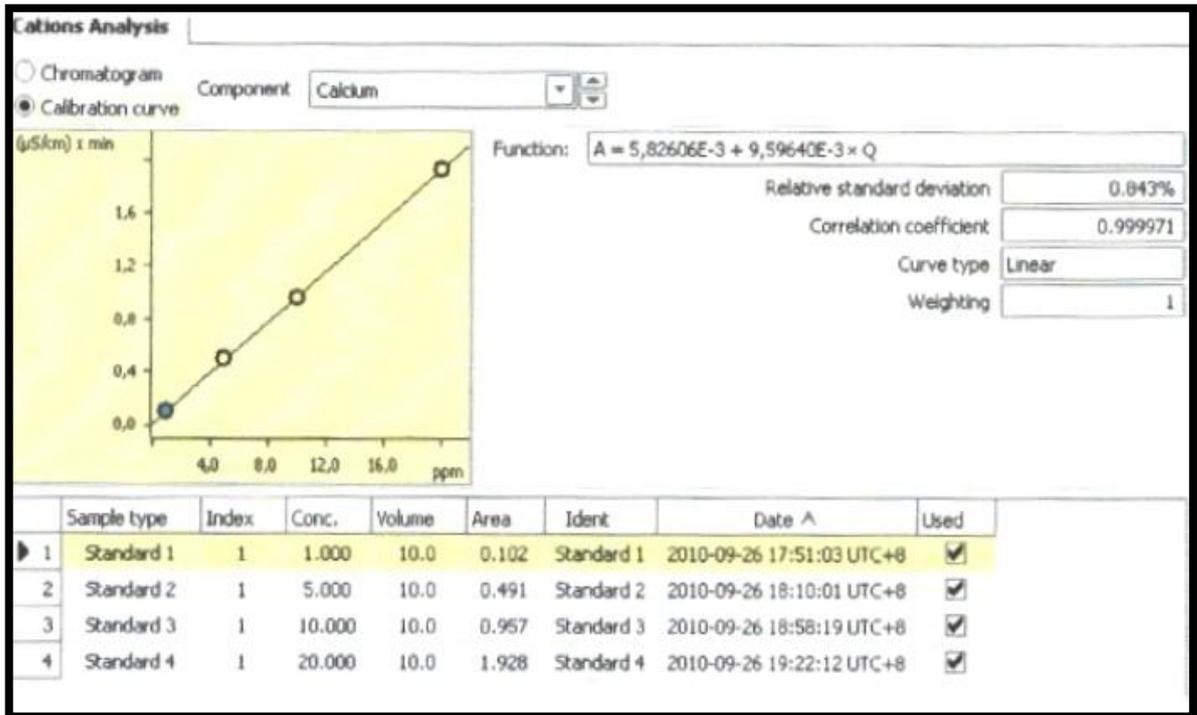


Figure V.14 : Courbe d'étalonnage de Calcium.

**Remarque :**

Pour l'eau de mer, il faut préparer des dilutions d'échantillon avant l'injection dans la chromatographie car les concentrations des cations sont plus importantes.

**V.6.2. Anions majeurs** (Bromate, Chlorure, Nitrates, Nitrites, Sulfates)

**Tableau V.3 :** Caractéristiques de la Chromatographie Metrohm Compact IC 881 pro anion.

Paramètres	les caractéristiques
Type de colonne	Metrosep A Supp 5 250/4,0
Eluent (composition)	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> + NaHCO <sub>3</sub>
Conductivité d'éluent	0,8 - 0,9 µS/cm
Pression	12,2 Mpa
Débit	0,7 mL/ min
T°C de colonne	30°C
Volume d'injection	100 µL

• **Matériel utilisé :**

- Balance analytique.
- Chromatographie ionique pour anions (881 Compact IC pro, Metrohm).
- Spatule.
- Éprouvette graduée.
- Carbonate de sodium.
- Bicarbonate de sodium.
- Eau ultra pure.
- Fiole jaugée en verre (2000 mL).
- 4 fioles jaugées en verre (100 mL).
- Solution étalon de Bromate (1000 ppm).
- Solution étalon de Chlorure (1000 ppm).
- Solution étalon de Nitrites (1000 ppm).
- Solution étalon de Nitrates (1000 ppm).
- Solution étalon de Sulfates (1000 ppm).
- Seringue (10 mL).
- Micropipette.
- Acétone.
- Acide sulfurique.

- **Préparation d'éluant:**

- Rincer une fiole jaugée de 2000 mL en verre avec de l'eau ultra pure et la remplir avec 400 mL d'eau ultra pure.
- Avec une grande précision peser 0,678 g de carbonate de sodium et 0,168 g de bicarbonate de sodium et les transfères dans la fiole jaugée de 2000 mL en verre.
- Remplir la fiole et Compléter au trait avec de l'eau ultra pure.
- Verser l'éluant préparé dans la bouteille d'éluant en verre de deux litres de la chromatographie ionique.

- **Préparation de la solution de rinçage (acétone 2 %) :**

- Mesurer 20 mL d'acétone avec une éprouvette graduée.
- Mesurer 980 mL de l'eau ultra pure frais avec une éprouvette graduée.
- Transfert à la fois l'eau ultra pure et l'acétone dans le flacon désigné pour la solution de rinçage du chromatographie ionique.

- **Préparation de la solution de régénération ( $H_2SO_4$  0,05 M) du suppresseur :**

- Rincer une fiole jaugée en verre de 1000 mL avec l'eau ultra pure et la remplir avec environ 400 mL d'eau ultra pure.
- Pipeter 2,78 mL de 97% d'acide sulfurique dans la fiole jaugée avec micropipette.
- Compléter à la marque et agiter pour homogénéiser la solution.
- Transférer la solution dans le flacon désignée pour la solution de régénération du chromatographie ionique.

- **Préparation des solutions étalons et étalonnage :**

La préparation des solutions d'étalonnage pour les anions est réalisée à partir des solutions mères (1000 ppm) (**Tableau V.4**).

- Démarrer l'appareil et s'assurer que la ligne de base du chromatogramme est 0,95  $\mu S/cm$ .
- Étalonner l'appareil avec les quatre solutions standards.
- Vérifier la fiabilité d'étalonnage avec le dosage des concentrations de l'un des étalons préparés.

**Tableau V.4** : Les concentrations des solutions d'étalonnage du chromatographie ionique (anions).

Solution Standard (100 ml)	Standard 1 (mg/l)	Standard 2 (mg/l)	Standard 3 (mg/l)	Standard 4 (mg/l)
Bromate	0,010	0,015	0,020	0,025
Chlorure (Cl <sup>-</sup> )	1	5	10	20
Nitrite (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	0,2	1	1.5	2
Nitrate (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	0,5	1	1.5	2
Sulfate SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,5	1	1.5	2

- **Dosage des anions :**

- Démarrer l'appareil et s'assure que la ligne de base du chromatogramme est égale à 0,95  $\mu\text{S/cm}$ .
- Injecter avec une seringue de 100  $\mu\text{L}$  de l'eau traitée à analyser dans l'appareil.
- Les concentrations sont obtenues en ppm à l'aide d'un chromatogramme sous forme de pics de conductivité électrique.
- Injecter de l'eau ultra pure pour nettoyer l'appareil.
- Arrêter l'appareil.

- **Etalonnage de la chromatographie :**

Etalonner la chromatographie ionique avec les solutions standards en les enregistrant comme des références.

On obtient une courbe linière d'étalonnage pour chaque ion:

- Bromate  $\text{BrO}_3^-$  :

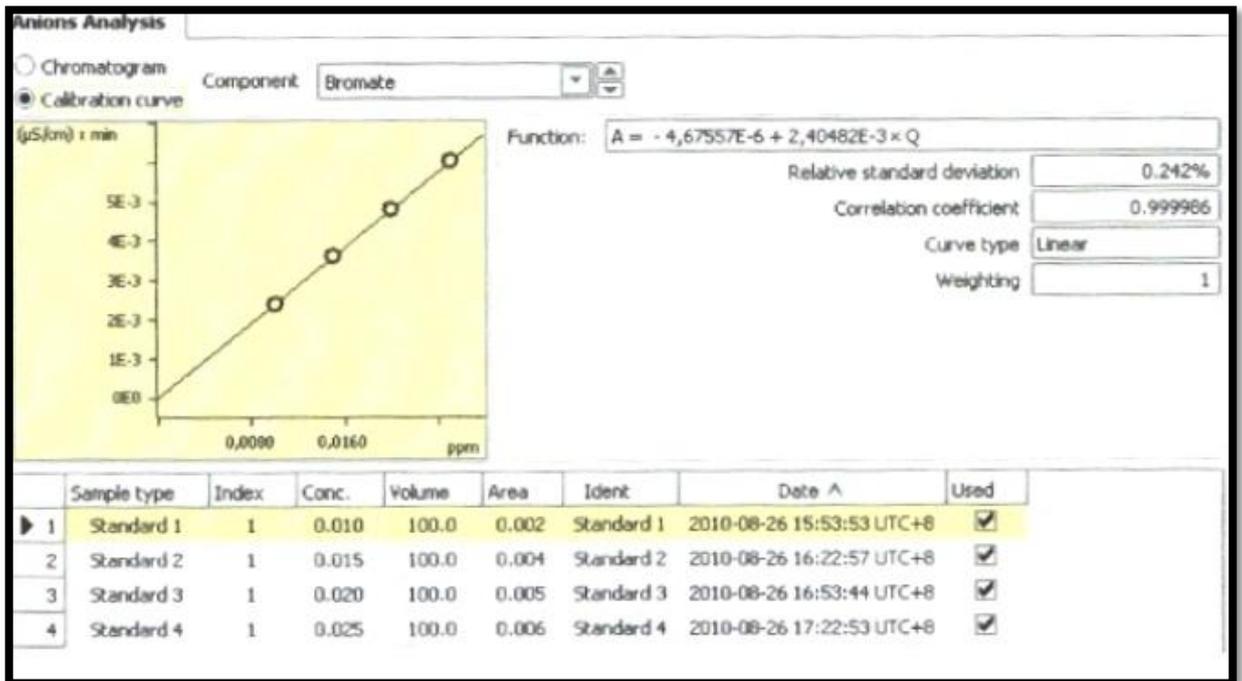


Figure V.15 : Courbe d'étalonnage de Bromate.

- Chlorure  $\text{Cl}^-$  :

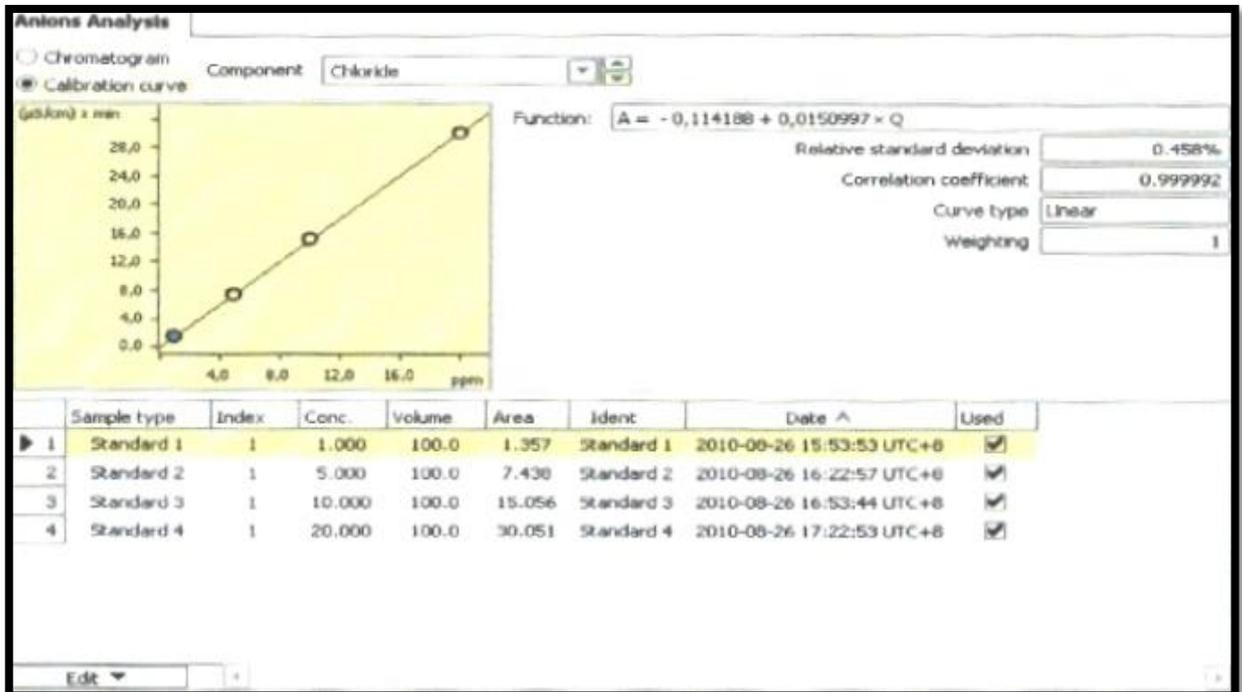


Figure V.16: Courbe d'étalonnage de Chlorure.

- Nitrite  $\text{NO}_2^-$  :

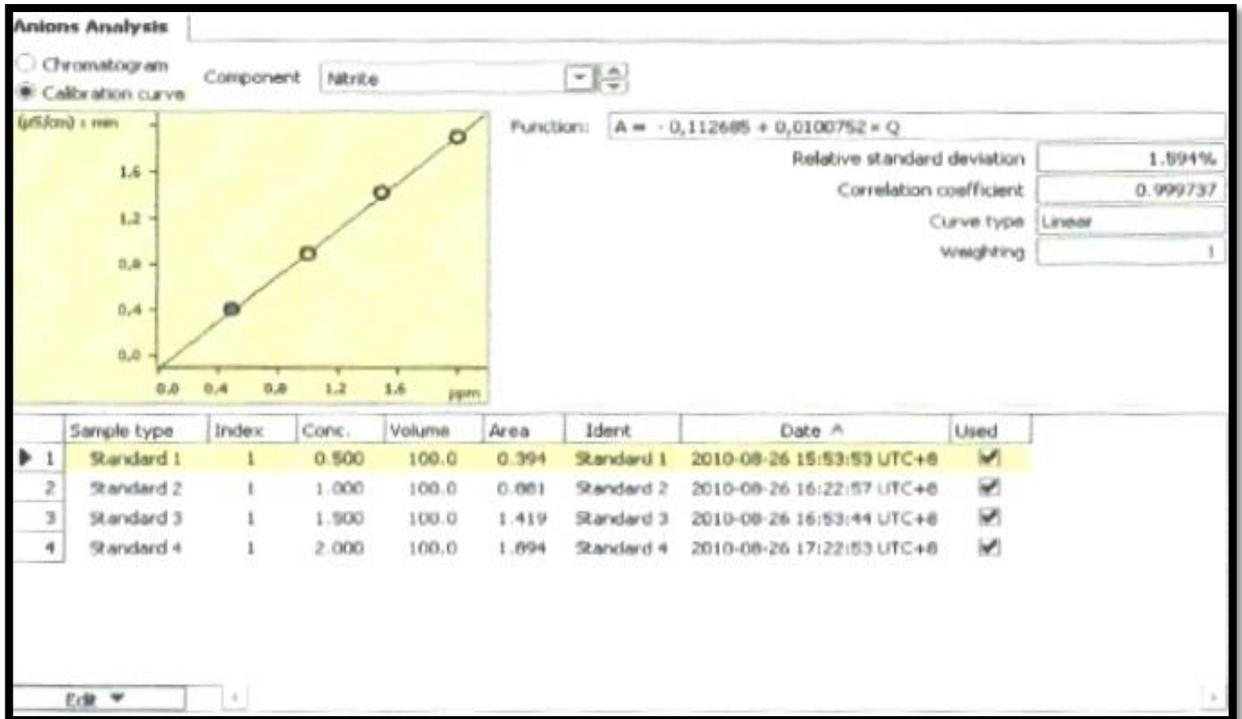


Figure V.17 : Courbe d'étalonnage de Nitrite.

- Nitrate  $\text{NO}_3^-$  :

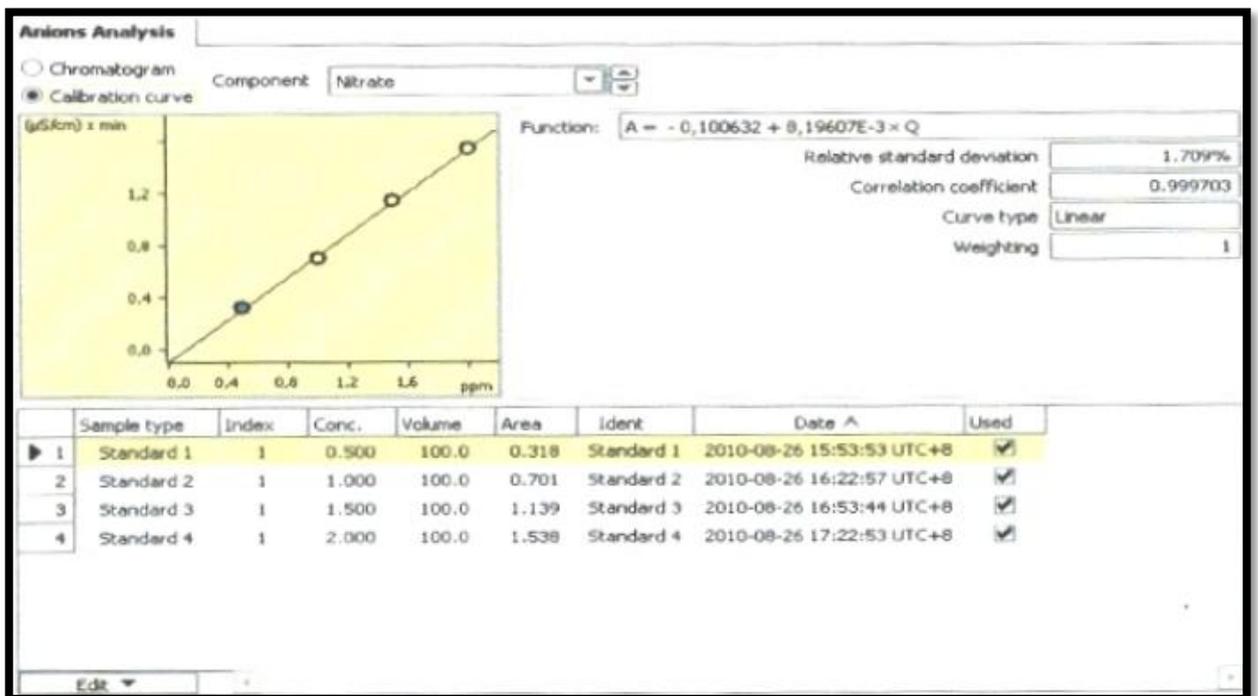


Figure V.18: Courbe d'étalonnage de Nitrate.

- Sulfates  $\text{SO}_4^{2-}$  :

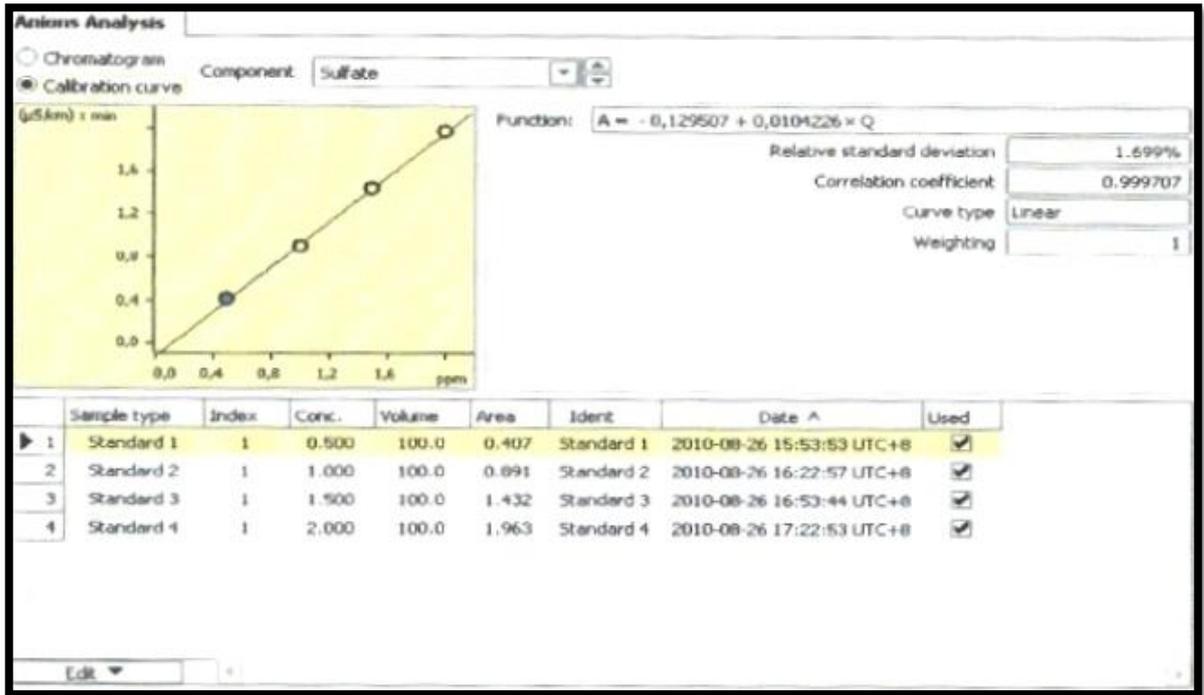


Figure V.19 : Courbe d'étalonnage de Sulfate.

### V.6.3. Bore :

- Mesure de concentration du bore de l'eau traité par chromatographie ionique :
- Solution et matériels utilisés :
  - Balance analytique.
  - Chromatographie ionique pour anions (881 Compact IC pro, Metrohm).
  - Carbonate de sodium.
  - Hydroxyde de sodium (NaOH 50 %).
  - Eau ultra pure.
  - Fiole jaugée en plastique (1000 mL).
  - 4 fioles jaugées en plastique (100 mL).
  - Solution étalon du Bore (1000 ppm).
  - Seringue (10 mL).
  - Micropipette.
  - Spatule.

• **Préparation d'éluant :**

- Rincer une fiole jaugée en plastique de 1000 mL avec de l'eau ultra pure ;
- Peser 0,0212 g du carbonate de sodium ;
- Faire dissoudre les carbonates de sodium dans 400 mL d'eau ultra pure dans la fiole jaugée en plastique ;
- Pipeter 0,217 mL d'hydroxyde de sodium (50%) et les verser dans la même fiole ;
- Remplir la fiole et Compléter au trait avec de l'eau ultra pure ;
- Verser l'éluant préparé dans le flacon d'éluant en plastique de l'appareil de la chromatographie ionique.

• **Préparation des solutions étalons et étalonnage :**

La préparation des solutions d'étalonnage pour le Bore se fait à partir d'une solution mère (1000 ppm), (**Tableau V.5**).

**Tableau V.5 :** Les concentrations des solutions d'étalonnage du chromatographie ionique (Bore).

Solution Standard (100 ml)	Standard 1 (mg/l)	Standard 2 (mg/l)	Standard 3 (mg/l)	Standard 4 (mg/l)
Bore	0,5	1,0	1,5	2,0

- Démarrer l'appareil et s'assurer que la ligne de base du chromatogramme est 840 µS/cm.
- Étalonner l'appareil avec les quatre solutions standards.
- Vérifier la fiabilité d'étalonnage avec le dosage des concentrations de l'un des étalons préparés.

• **Dosage du Bore :**

- 1) Etalonner de chromatographie ionique avec les solutions standards en les enregistrant comme références.
- 2) A l'aide de seringue, injecter 2ml l'eau à analyser dans le chromatographe et appuyer sur « START » ;
- 3) Le traçage de la courbe prend 20 minutes, puis appuyer sur «STOP » ;
- 4) Les valeurs des concentrations des anions en ppm sont obtenues par une simple lecteur sur l'écran d'ordinateur.

- **Mesure de concentration du bore d'eau de mer par spectrométrie :**

- **Solutions et matériels utilisés :**

- Echantillon à analyser.
- Azomethinel-H sel de sodium  $C_{17}H_{12}NNaO_8S_2$ .
- Acide L-Ascorbique  $C_6 H_8 O_6$ .
- Acétate d'ammonium  $CH_3COONH_4$ .
- Acide phosphorique  $H_3PO_4$ .
- Acide citrique  $C_6 H_8 O_7$ .
- EDTA disodique dihydraté  $C_{10}H_{18}N_2Na_2O_{10}$ .
- Acide sulfurique  $H_2SO_4$ .
- Eau ultra pure .
- Etuve à convection naturelle de type ED53-BINDER .
- Spectromètre HACH DR 2700 .
- pH-mètre HACH Sension 156.
- Balance électronique.
- 3 fioles jaugées en plastique.

- **préparation de la solution réactive :**

- **1<sup>er</sup> Solution d'azomethine-H :**

-Peser 1g d'azomethine-H sel de sodium et 3g d'acide L-Ascorbique, les mettre dans une fiole jaugée en plastique de 100 ml et remplir son volume avec de l'eau ultra pure.

- **2<sup>ème</sup> solution tampon pH=5.9 :**

- peser 250g d'acétate d'ammonium et mélanger avec 250ml d'eau ultra pure, rajouter 5ml d'acide phosphorique, 1g d'acide citrique et 1g d'EDTA disodique dihydraté. Bien mélanger le contenu et puis doser avec l'acide sulfurique jusqu'au pH=5.9 (utiliser le pH-mètre).

-Mixer les 2 solutions pour obtenir une seule solution réactive.

- **Préparation de la solution de référence :**

-Mélanger 25ml d'eau à analyser avec 10 ml de la solution réactive dans une fiole jaugée en plastique.

-Mettre les 2 solutions obtenues (solution de référence d'échantillon) dans l'étuve à 30°C pendant 2h.

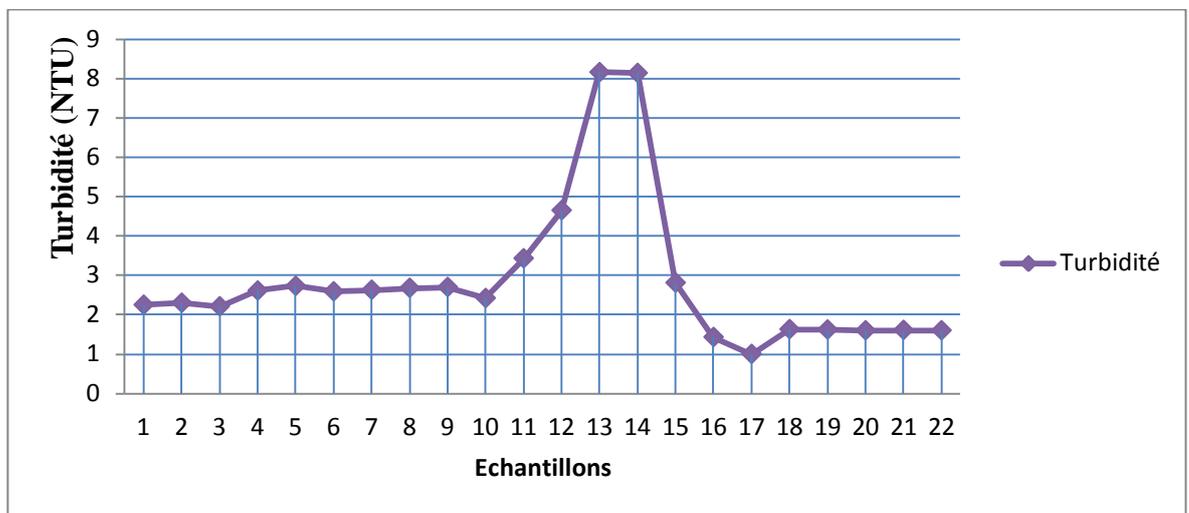
**VI.1. Introduction :**

Les résultats des différentes analyses physico-chimiques sont représentés dans les tableaux ci après.

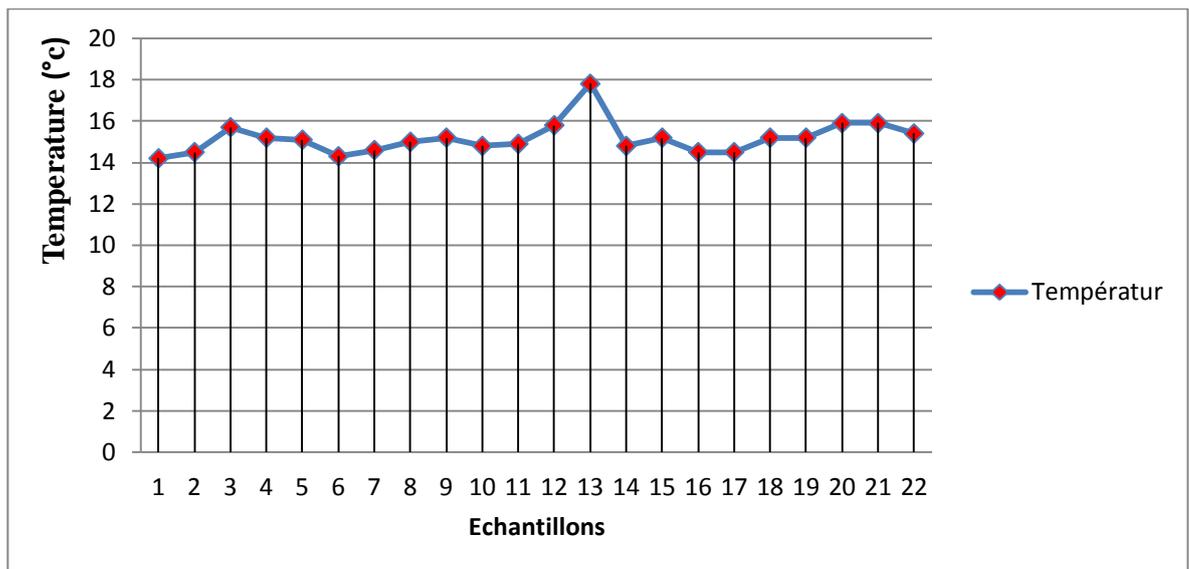
Ces résultats déterminent la qualité de l'eau de mer et l'eau traitée par la station de dessalement de l'eau de mer de Souk Tlata.

L'interprétation de ces résultats est effectuée selon les normes algériennes.

**VI.2. Eau de mer :**



**Figure VI.1 :** La variation de la turbidité de l'eau de mer.



**Figure VI.2 :** La variation de température de l'eau de mer.

**Tableau VI.1 : Les résultats de l'eau de mer après tamisage.**

<b>Paramètres</b>	<b>08/12/2014</b>	<b>04/01/15</b>	<b>21 /02/2015</b>	<b>05 /03 /2015</b>
TDS (mg/l)	40404	40256	40922	40256
TSS (mg/l)	2	1	7	1
Chlorure (mg/l)	19432.563 mg/l	20250.006	25637.669	26261.315
Calcium (mg/l)	453.543	440.186	421.611	428.234
Sulfate (mg/l)	2201.284	2120.727	2086.962	2431.206
Magnésium (mg/l)	1626.216	1751.727	1705.630	1830.536
Sodium (mg/l)	11121.142	12411.661	12291.308	13906.241
Bicarbonate (mg/l)	151.34	149.46	5.885	4.923
Bore (mg/l)	4.511	4.312	4.904	4.814
PH	8.19	8.17	8.16	8.13
Potassium (mg/l)	384.799	531.521	405.635	392.271
Conductivité (ms/cm)	54.6 à 17°C	54.4 à 16.3°C	55.3 à 15.3 °C	54.4 à 16.5°C

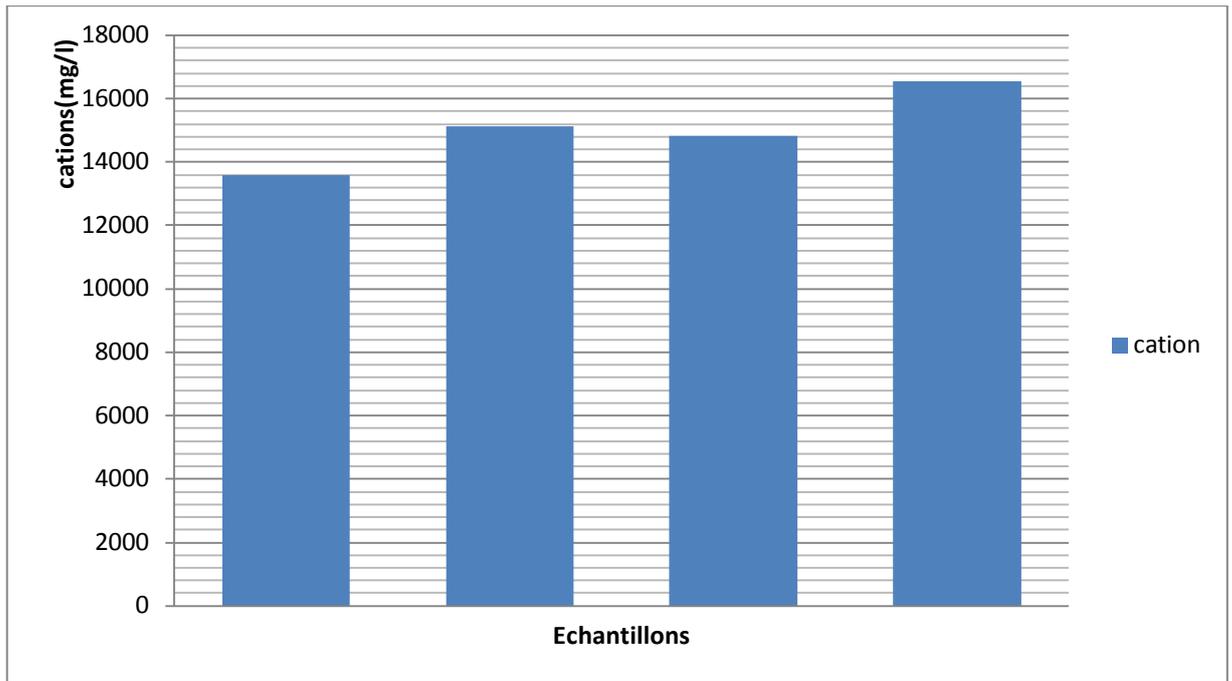


Figure VI.3 : La variation de concentration de l'eau de mer en cations.

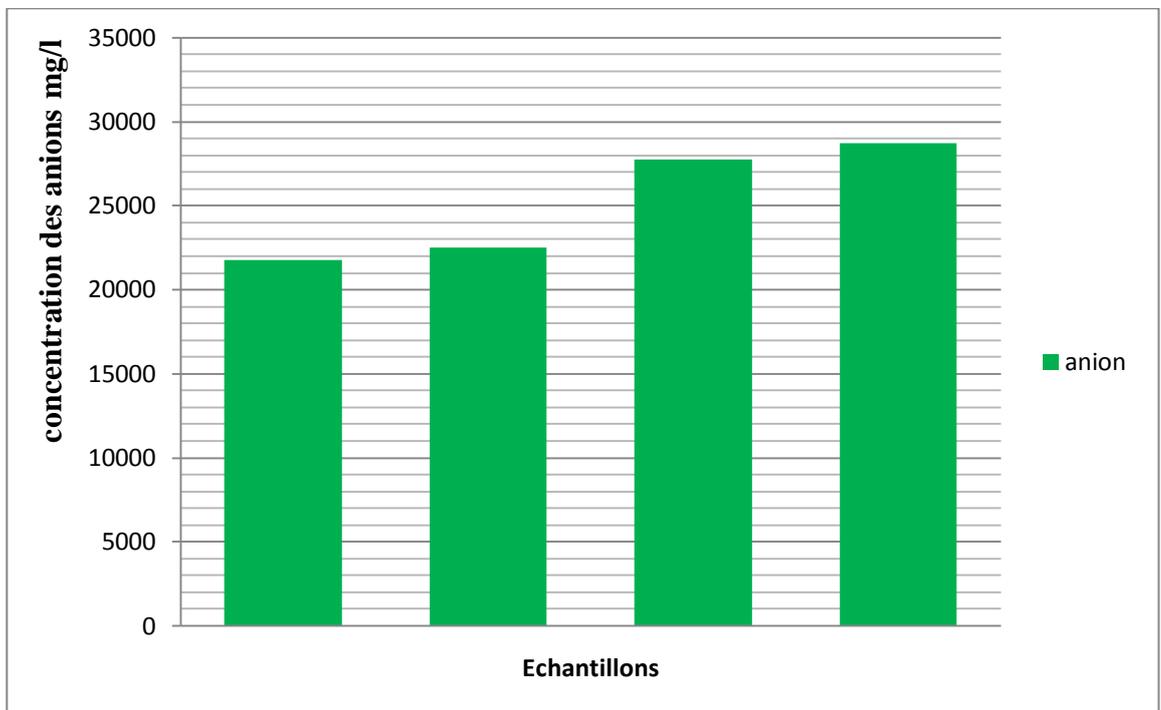


Figure VI.4 : La variation de concentration de l'eau de mer en anions.

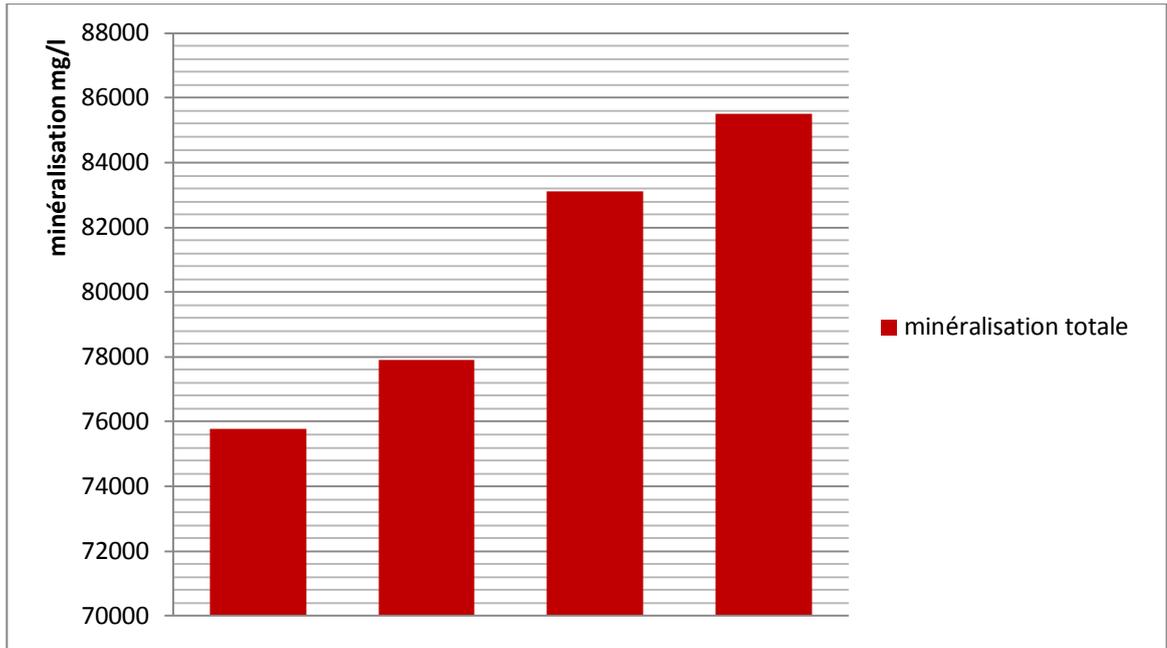


Figure VI.5 : La variation de minéralisation totale de l'eau de mer.

### VI.2.1. Variation des paramètres organoleptiques :

#### VI.2.1.1. Couleur :

Les échantillons d'eau de mer sont incolores mais ils ne sont pas clairs et limpides à causes de la présence des particules colloïdales.

#### VI.2.1.2. Odeur :

L'eau de mer ne présente aucune odeur particulière sauf une sensation maritime.

#### VI.2.1.3. Gout :

L'eau de mer ne présente aucun gout particulier à part celui de la salinité.

#### VI.2.1.4. Turbidité :

Les valeurs de la turbidité de l'eau de mer, sont mesurée au niveau du laboratoire, varient entre 1 et 8.16 NTU mais généralement, on obtient pour l'eau de mer, une turbidité de 1 à plus de 10 NTU. Après une forte précipitation on peut dépasser 200 NTU.

## **VI.2.2. Variation des paramètres physico-chimiques :**

### **VI.2.2.1. Température :**

Les valeurs de la température de l'eau de mer, des prélèvements, mesuré sur le site sont comprises entre 14,2 °C et 17.8°C. Généralement, la température de l'eau de mer est comprise entre 13°C et 25°C selon la saison.

### **VI.2.2.2. Potentiel d'hydrogène :**

Les valeurs de pH de l'eau de mer qui sont mesurés au laboratoire de station de dessalement de Souk Tlata sont comprises entre 8.13 et 8.19.

### **VI.2.2.3. Conductivité électrique :**

Les résultats de la conductivité électrique de l'eau de mer obtenus au laboratoire sont compris entre 54.4 ms/cm et 55.3 ms/cm.

### **VI.2.2.4. Total des solides dissouts :**

Les valeurs de TDS de l'eau de mer varient entre 40256 mg/l et 40922 mg/l. Elles sont supérieures aux normes recommandées dans le contrat (36500 mg/l à 38 000 mg/l). (Annexe)

### **VI.2.2.5. Totale de solides en suspension :**

Les valeurs de TSS de l'eau de mer varient entre 1 mg/l et 7 mg/l. Elles sont toutes inférieures à la limite maximale recommandée dans le contrat qui est de 8 mg/l. (Annexe)

### **VI.2.2.6. Bore :**

Les valeurs de bore de l'eau de mer varient entre 4.312mg/l et 5.885 mg/l. Elles sont inférieures à la limite maximale recommandée dans le contrat qui est de 5 mg/l.

### **VI.2.2.7. Minéralisation pour les cations :**

Les résultats de minéralisation pour les cations de l'eau de mer de souk tlata sont compris entre 13585.7mg/l et 16557.382 mg/l avec une moyenne de 16894.213 mg/l.

### **VI.2.2.8. Minéralisation pour les anions :**

Pour l'eau de mer de Souk Tlata, les valeurs de minéralisation pour les anions sont compris entre 21785.187mg /l et 28697.444 mg /l avec une moyenne de 25183.335mg/l.

### **VI.2.2.9. Minéralisation totale :**

Les résultats de minéralisation totale de l'eau de mer de Souk Tlata sont compris entre 75.779.398 mg/l et 85516.54mg/l avec une moyenne de 80583.57325 mg/l.

**VI. 3.Eau traitée :**

**Tableau IV.2:** Résultats des analyses organoleptiques des échantillons d'eau traitée.

	Paramètres		
	Dates	Turbidité(NTU)	Couleur (Pt-C <sub>0</sub> )
1	29/12/14 11 :00h	0.84	0
2	30/12/14 11 :30 h	0.96	0
3	31/12 /14 13 :00 h	0.80	0
4	17/01/15 11 :00h	0.68	0
5	18/01/15 14 :00 h	0.70	0
6	24 /01 /15 11 :00h	2.10	0
7	25 /01/15 11 :00h	1.98	0
8	26/01/15 09 :00h	0.51	0
9	28/01/15 10 :30h	1.10	0
10	01/02 /15 13 :45 h	0.2	0
11	04/02/15 13 :15 h	0.2	0
12	26/02/15 11 :00 h	0.84	0
13	04/03/15 14 :30 h	0.54	0
14	06/03/15 11 :00h	0.2	0
15	07/03/15 15 :45 h	0.26	0
16	09/03/15 08 :30 h	0.43	0
17	10/03/15 11 :00 h	0.46	0
18	11 /03/15 10 :00 h	0.42	0
19	12/03/15 11 :30 h	1.15	0
20	13/03/15 11 :00 h	0.19	0
21	14 /03 /15 15 :15 h	0.31	0
22	15/03/15 11 :00 h	0.247	0
Moyenne		0.687	0

**VI.3.1. Les paramètres organoleptiques :**

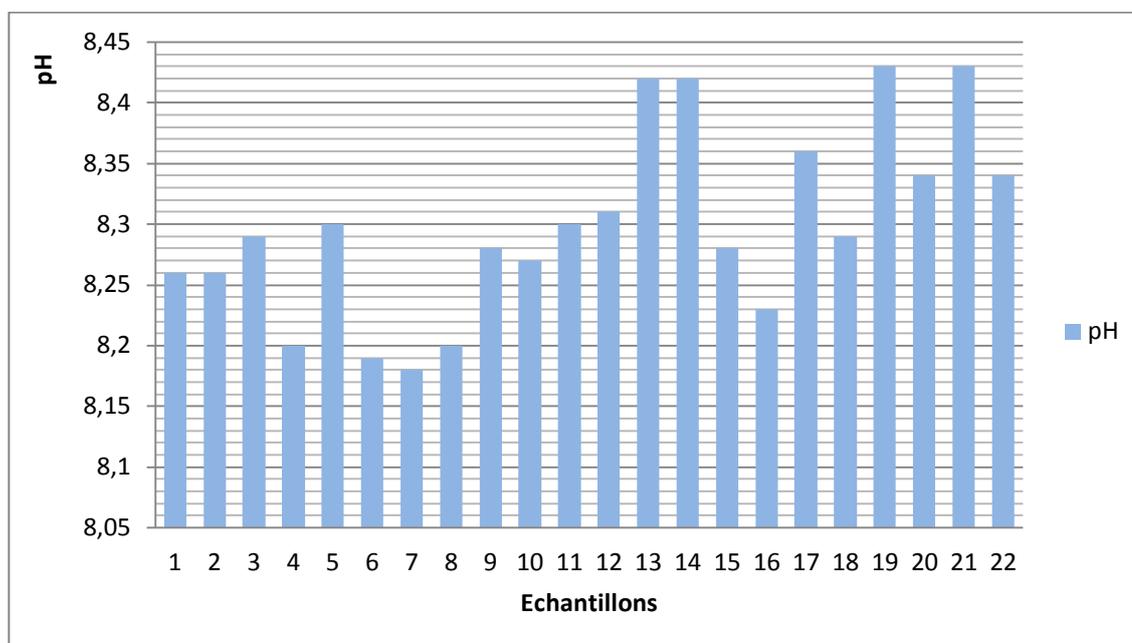
Les résultats des analyses organoleptiques effectuées dans le laboratoire de la station de dessalement sont représentés dans le **tableau (IV.2)**.

**VI.3.1.1. La couleur :**

L'eau dessalée et traitée par la station de dessalement de l'eau de mer de Souk Tlata est transparente et très claire. Des tests de la couleur sont effectués à l'aide d'un colorimètre montre que la couleur est égale à 0 Pt-Co.

**VI.3.1.2. La turbidité :**

Les résultats des analyses obtenues à l'aide d'un turbidimètre déterminent une variation entre 0.19 NTU et 2.10 NTU avec une moyenne de 0.687 NTU qui sont conformes aux normes algériennes qui fixent la valeur 5 NTU comme maximum.



**Figure VI.6:** La variation de pH de l'eau traitée.

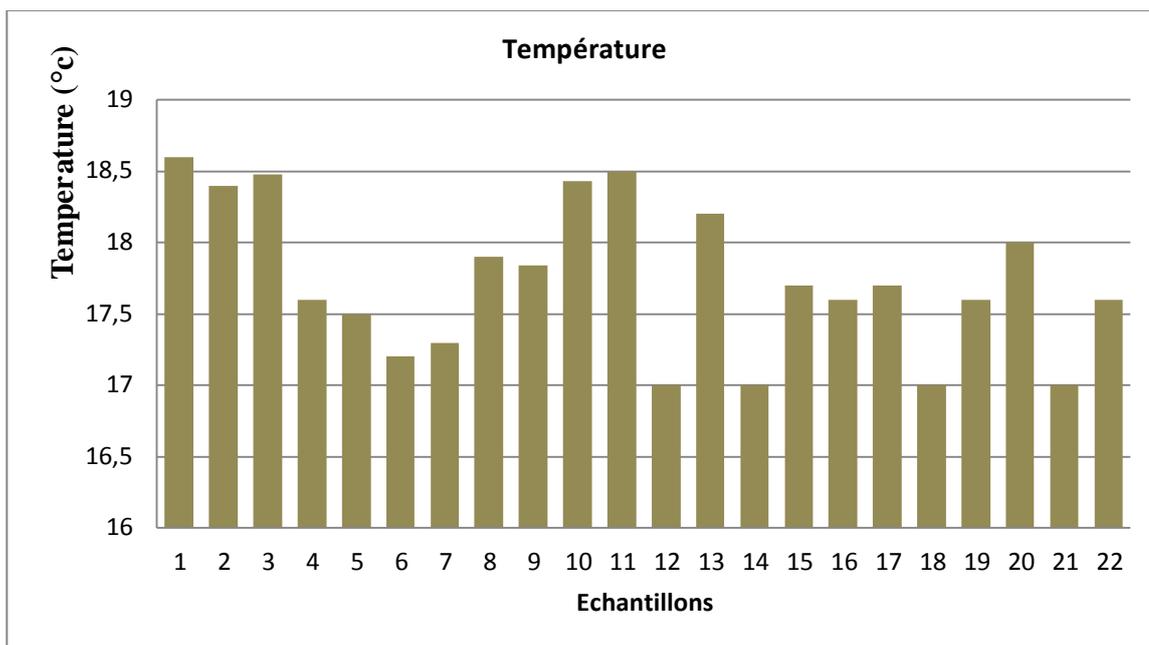


Figure VI.7 : La variation de température de l'eau traitée.

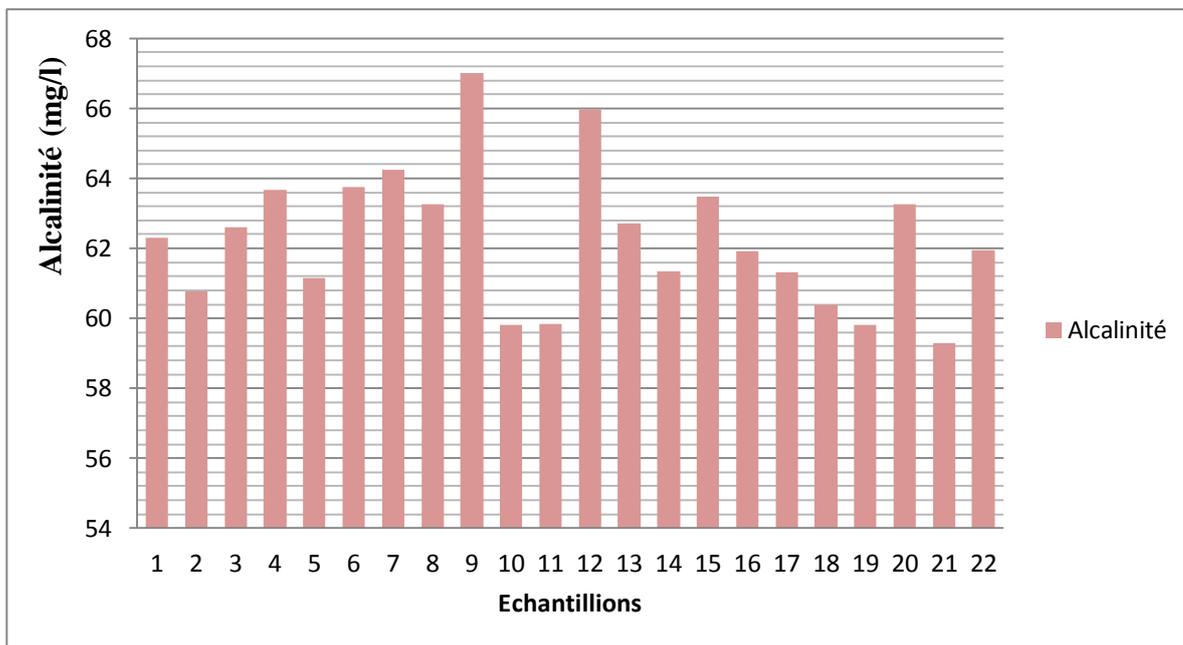


Figure VI.8 : La variation de l'alcalinité de l'eau traitée.

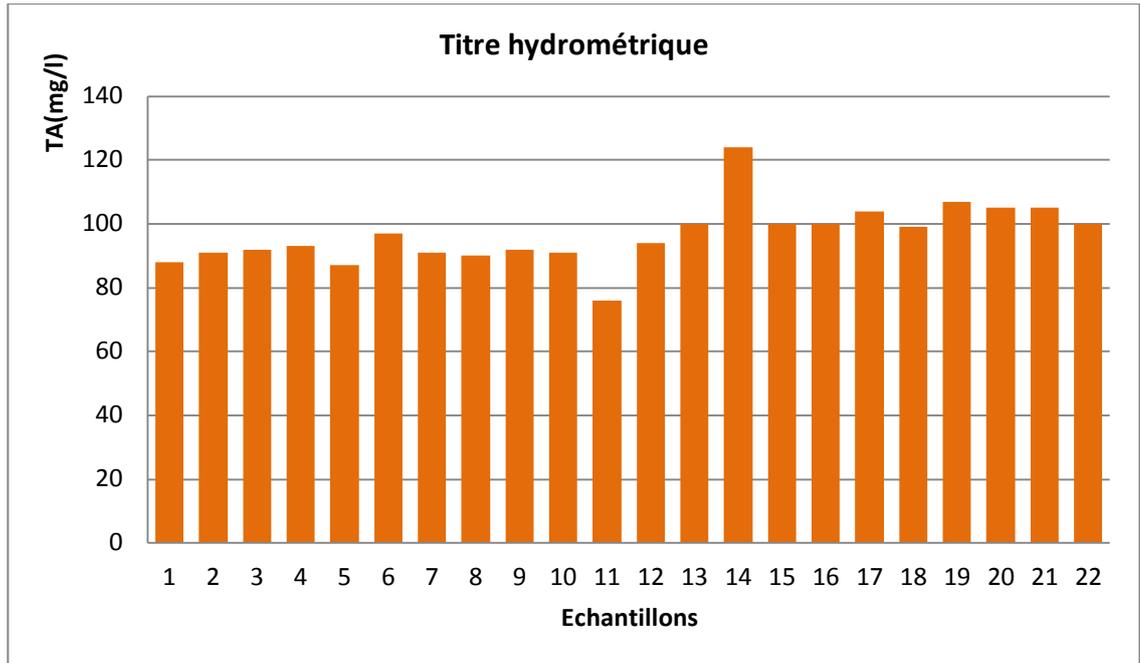


Figure VI.9 : La variation de la dureté de l'eau traitée.

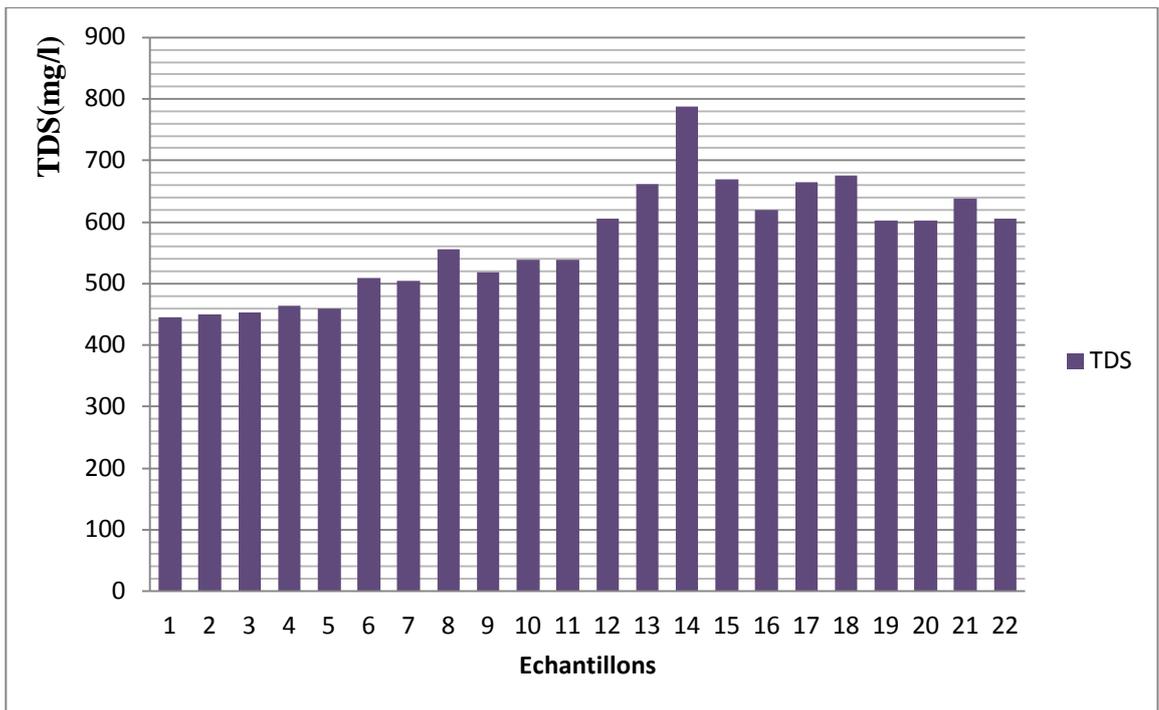


Figure VI.10 : La variation de TDS de l'eau traitée.

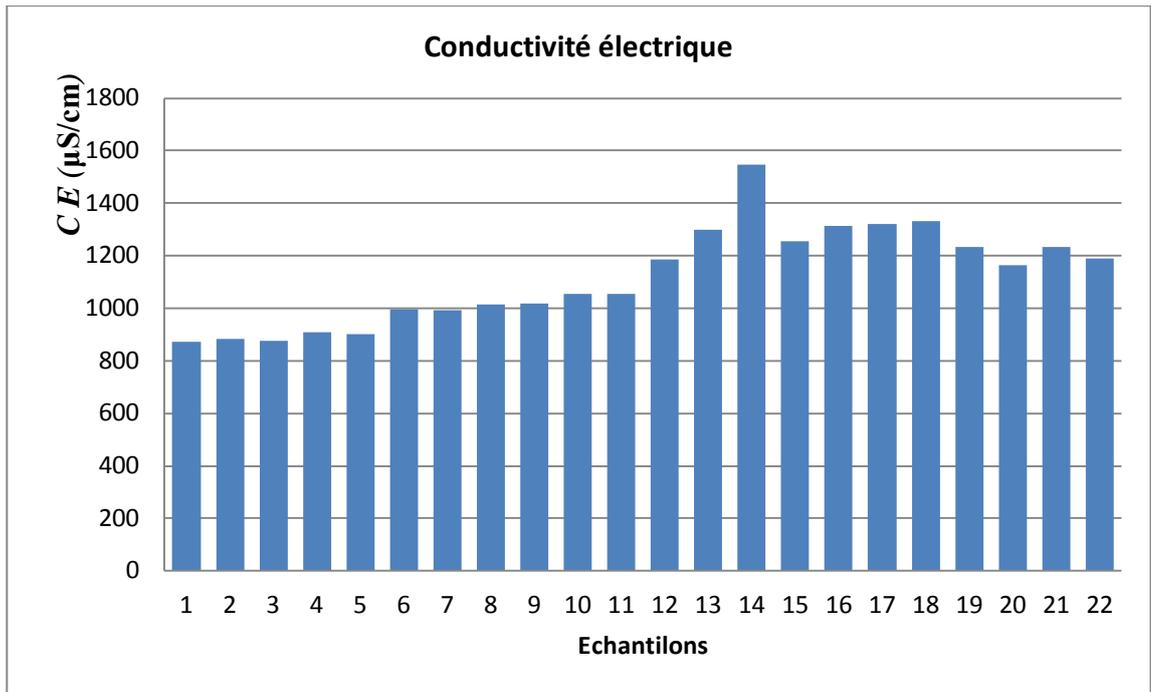


Figure VI.11: La variation de la conductivité électrique.

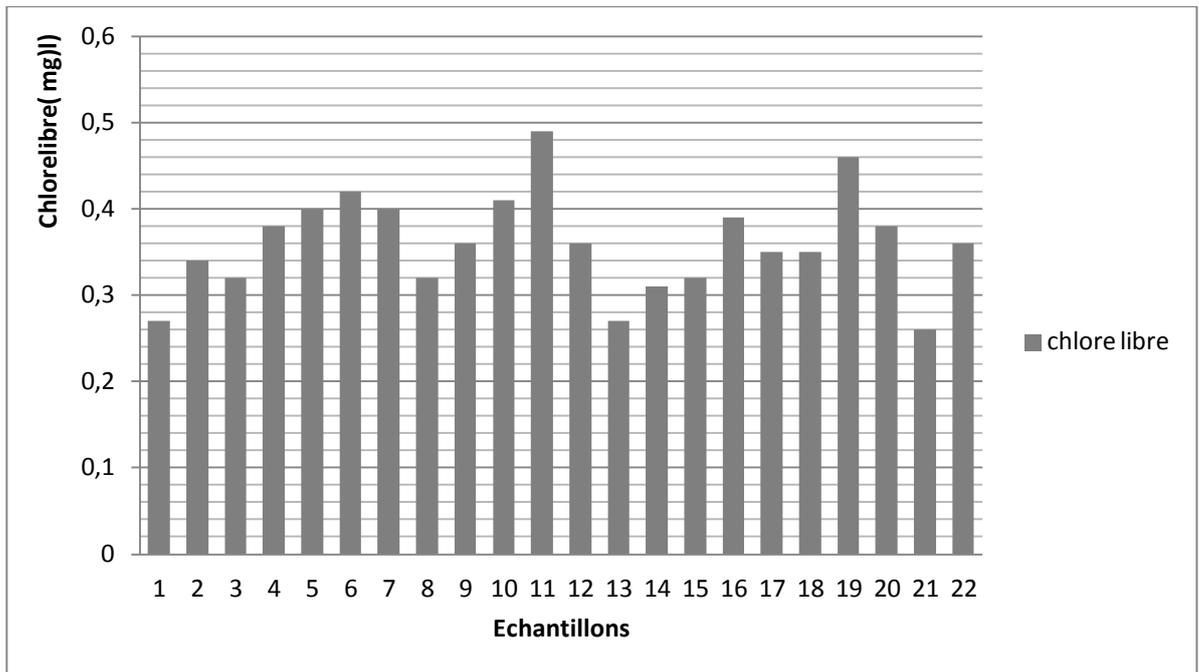


Figure VI.12 : Concentration d'eau traitée en chlore libre.

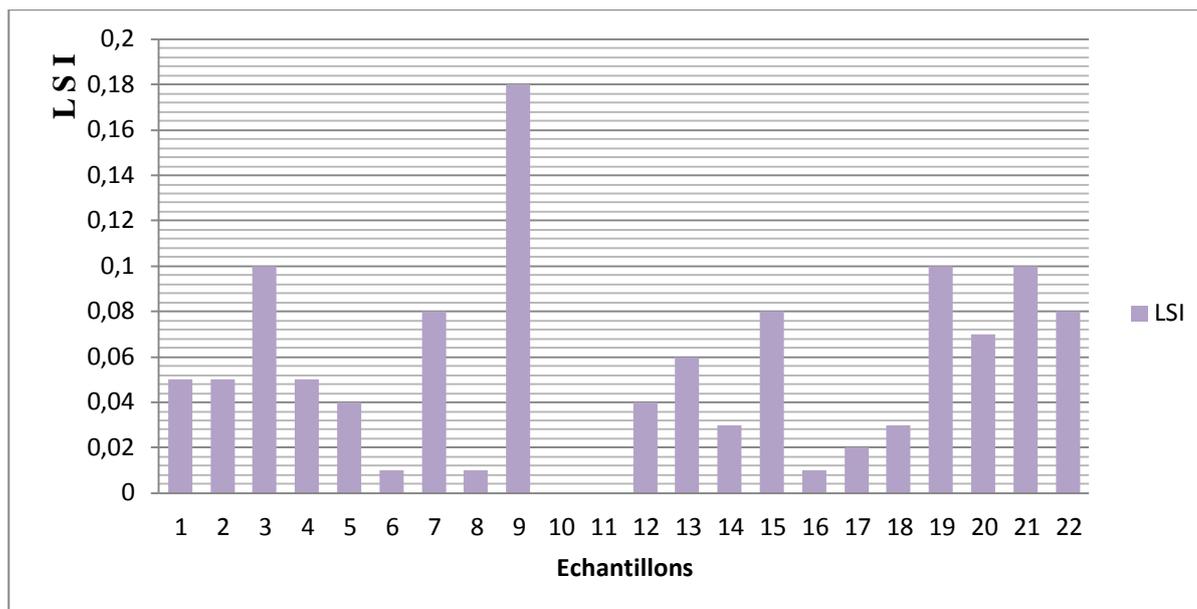


Figure VI.13 : La variation d'indice de Langelier de l'eau traitée.

### VI.3.2. Variation des paramètres physico-chimiques :

#### VI.3.2.1. pH :

Les valeurs de pH mesurées dans nos échantillons, se situent entre 8.2 et 8.42 avec une moyenne de 8.29. Ces valeurs restent conformes aux normes du contrat 7.5 à 8.5.

La réglementation algérienne indique un pH dans l'intervalle de 6.5 à 9.

#### VI.3.2.1. température :

Pour la température de l'eau analysée, une augmentation légère et continue durant la période de prélèvement. Les résultats obtenues varient de 17 °C jusqu'à 18.6 °C avec une moyenne de 17.71°C.

#### VI.3.2.2. Alcalinité :

L'alcalinité des échantillons analysés varie de 59.81 mg/l en  $\text{CaCO}_3$  et 67.02 mg/l en  $\text{CaCO}_3$ . Ces valeurs restent dans les limites fixées par le contrat d'achat de l'eau ainsi que les valeurs indicatives des normes algériennes.

#### VI.3.2.3. Titre hydrométrique (TH) :

Les valeurs de la dureté de l'eau traitée varient entre 76 mg/l  $\text{CaCO}_3$  et 124 mg/l  $\text{CaCO}_3$ . Ces valeurs sont supérieures à la valeur guide de 65 mg/l  $\text{CaCO}_3$  préconisée par le contrat et elles sont conformes aux normes algériennes qui fixent une valeur maximale de 200 mg/l  $\text{CaCO}_3$ .

**VI.3.2.4. La matière solide dissoute totale (TDS) :**

Les concentrations représentées dans l'histogramme (VI.8), montrent une variation entre 445 mg/l et 788 mg/l, ce qui signifie que la teneur en matière solide dissoute des échantillons analysés respecte les qualités de l'eau potable souhaitée.

**VI.3.2.5. Conductivité électrique (CE) :**

Pour la conductivité électrique, les résultats des analyses montrent une variation entre 873  $\mu$ S/cm et 1546  $\mu$ S/cm.

Ces résultats sont conformes aux normes et inférieurs à la valeur limite fixée par la norme.

**VI.3.2.6. Le chlore libre :**

Les concentrations en chlore libre mesurées au laboratoire varient entre 0.26 mg/l et 0.49 mg/l.

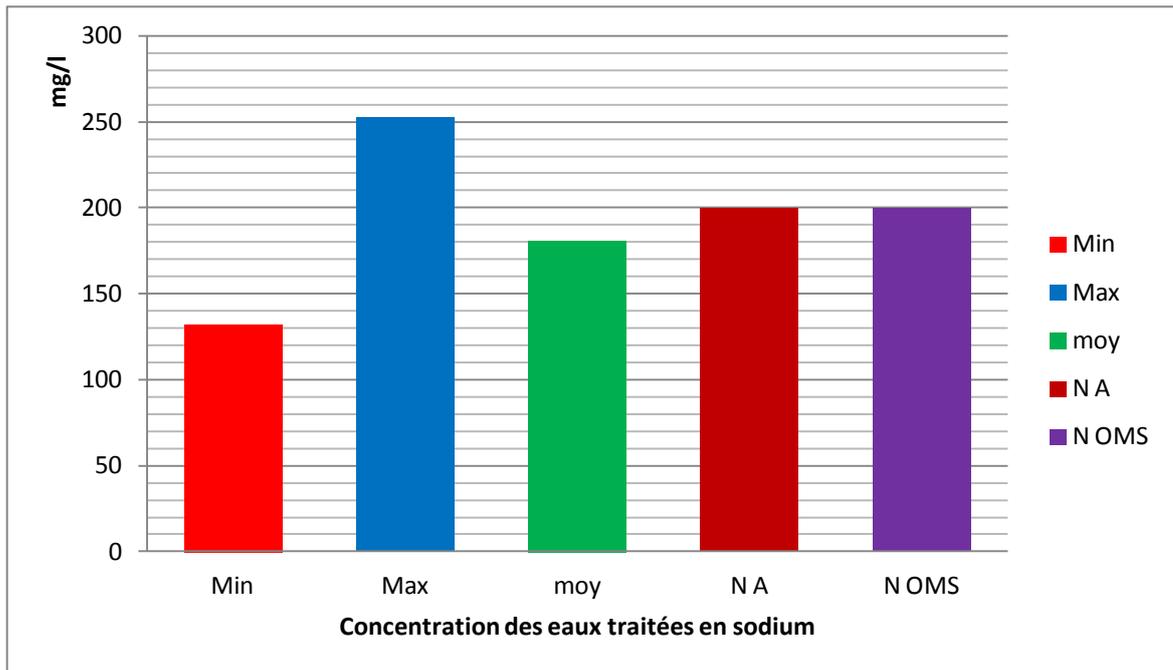
Pour l'eau destinée à la consommation humaine, l'OMS recommande pour le chlore une valeur guide de 5 mg/l en précisant que pour une désinfection effective, la teneur en chlore résiduel libre doit être inférieure ou égale à 0.5 mg/l après au moins 30 min de contact.

**VI.3.2.7. Indice de saturation de Langelier (LSI) :**

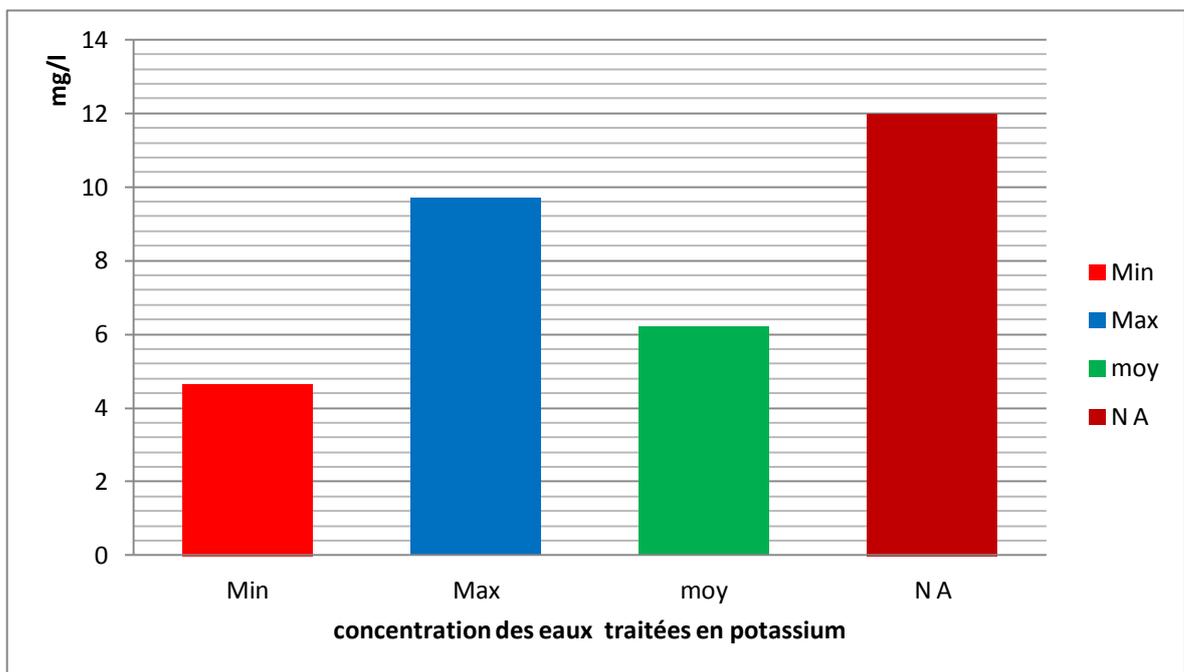
Les valeurs obtenues après le calcul de l'indice de saturation des échantillons de l'eau traitée destinée à la consommation humaine varie entre 0 et 0.1. Nos résultats sont conformes aux normes et restent dans l'intervalle de (0 à 0.4) déterminée dans le contrat d'achat de l'eau.

**Tableau IV.4:** Les concentrations des bromates, nitrates et nitrites des échantillons analysés.

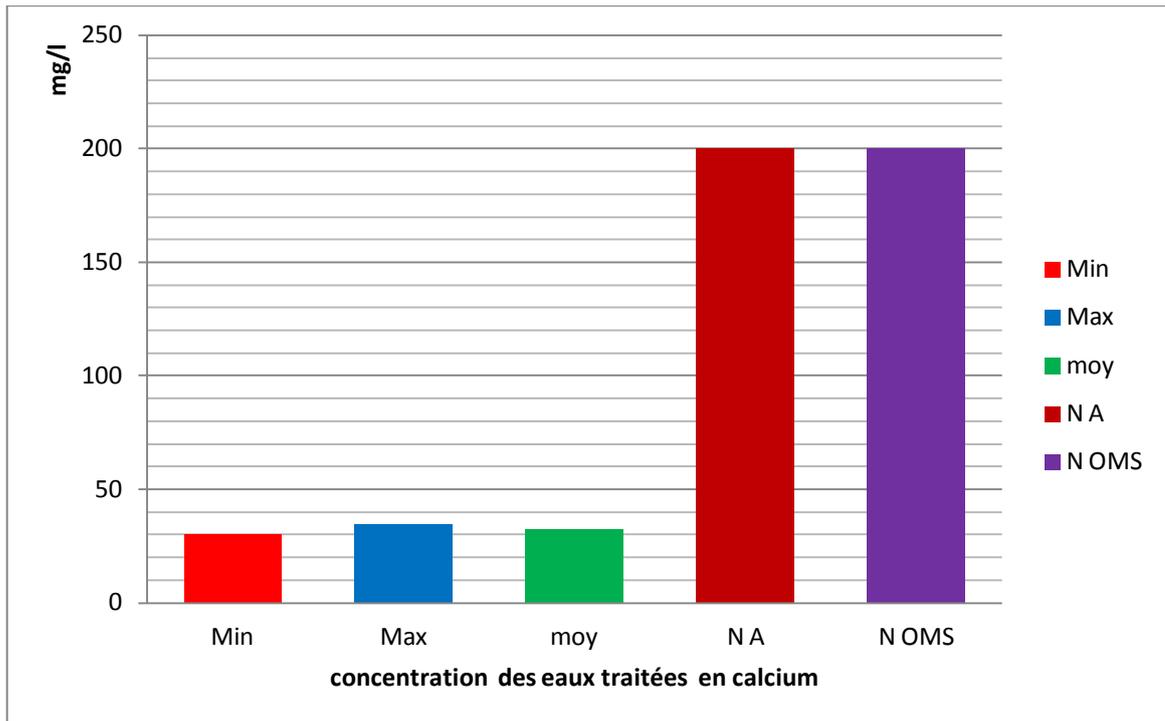
	Paramètre Date et l'heure	BrO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)
1	29/12/14 11 :00h	< 10	<0.5	<0.5
2	30/12/14 11 :30 h	< 10	<0.5	<0.5
3	31/12 /14 13 :00 h	< 10	<0.5	<0.5
4	17/01/15 11 :00h	< 10	<0.5	<0.5
5	18/01/15 14 :00 h	< 10	<0.5	<0.5
6	24 /01 /15 11 :00h	< 10	<0.5	<0.5
7	25 /01/15 11 :00h	< 10	<0.5	<0.5
8	26/01/15 09 :00h	< 10	<0.5	<0.5
9	28/01/15 10 :30h	< 10	<0.5	<0.5
10	01/02 /15 13 :45 h	< 10	<0.5	<0.5
11	04/02/15 13 :15 h	< 10	<0.5	<0.5
12	26/02/15 11 :00 h	< 10	<0.5	<0.5
13	04/03/15 14 :30 h	< 10	<0.5	<0.5
14	06/03/15 11 :00h	< 10	<0.5	<0.5
15	07/03/15 15 :45 h	< 10	<0.5	<0.5
16	09/03/15 08 :30 h	< 10	<0.5	<0.5
17	10/03/15 11 :00 h	< 10	<0.5	<0.5
18	11 /03/15 10 :00 h	< 10	<0.5	<0.5
19	12/03/15 11 :30 h	< 10	<0.5	<0.5
20	13/03/15 11 :00 h	< 10	<0.5	<0.5
21	14 /03 /15 15 :15 h	< 10	<0.5	<0.5
22	15/03/15 11 :00 h	< 10	<0.5	<0.5



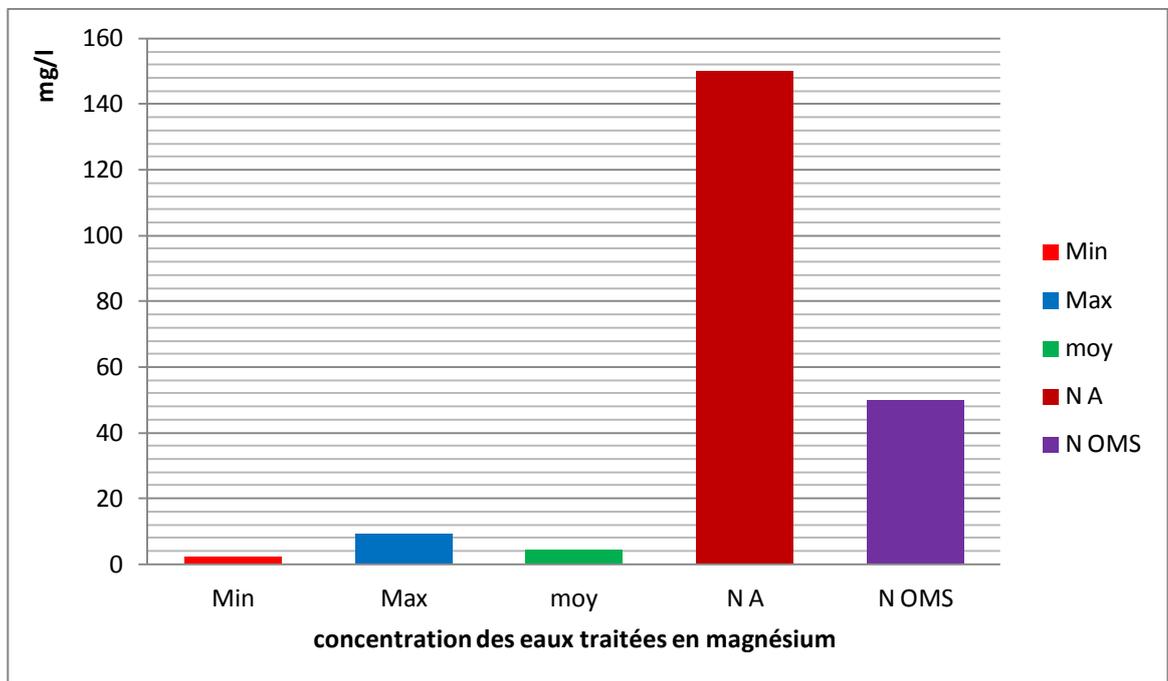
**Figure VI.14 :** Concentration du sodium dans l'eau traitée comparée aux normes algériennes (NA) et d'OMS.



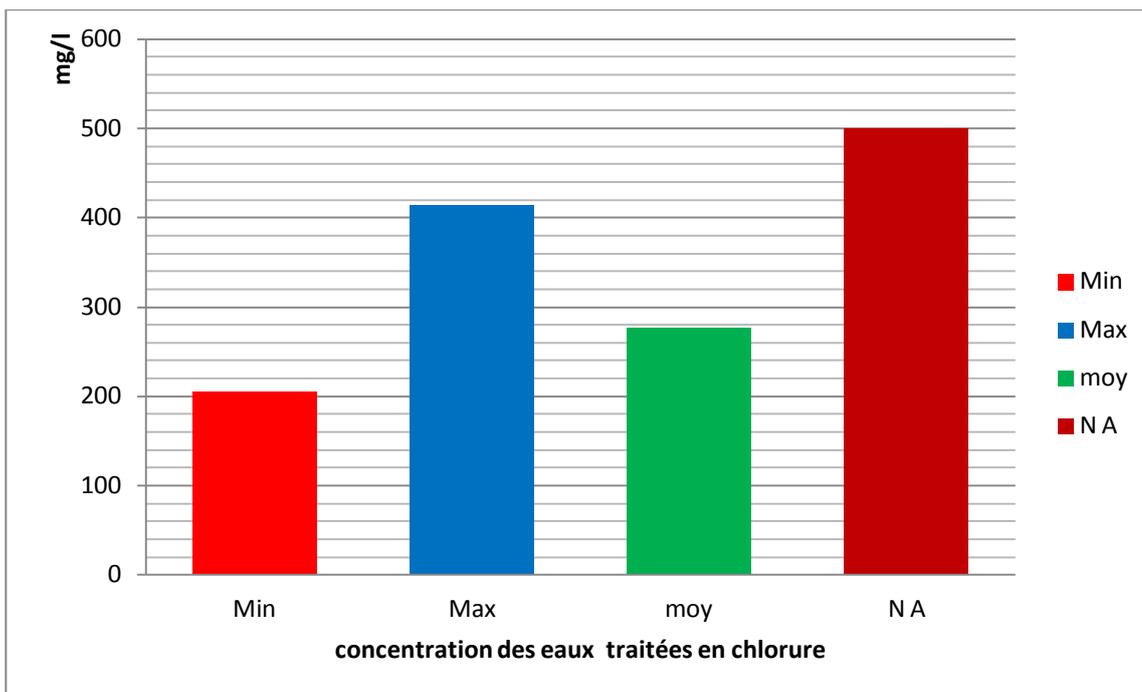
**Figure VI.15 :** Concentration du potassium dans l'eau traitée comparée aux normes algériennes(NA) et d'OMS.



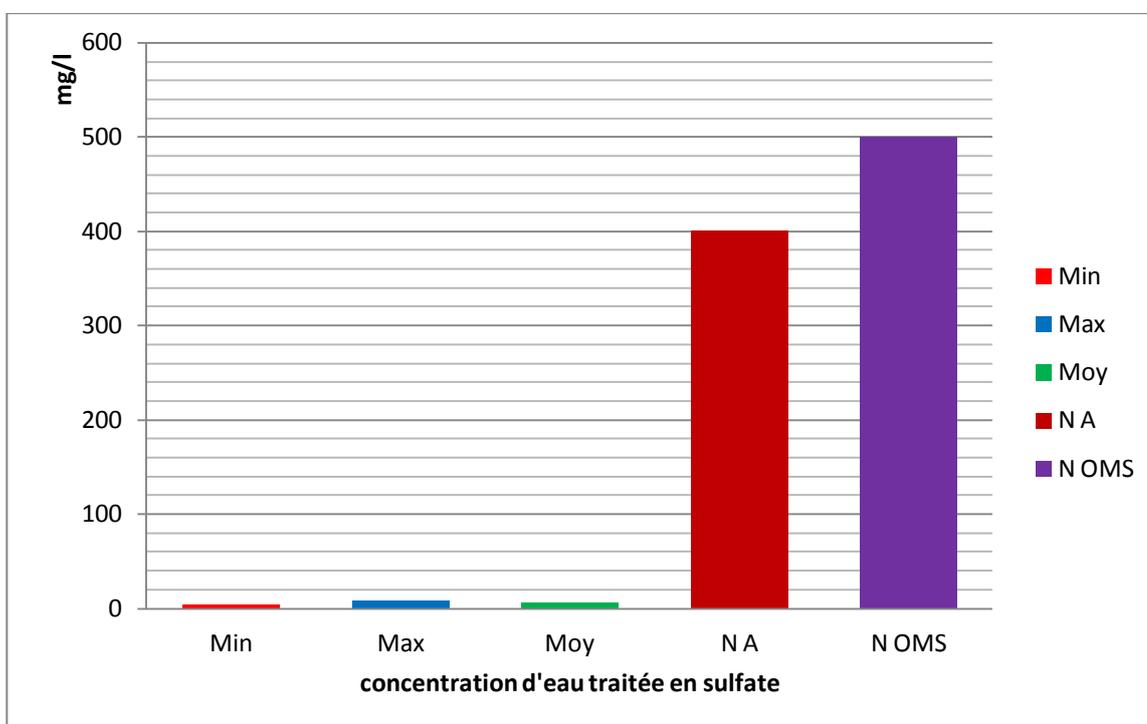
**Figure VI.16:** concentration du calcium dans l'eau traitée comparée aux normes algériennes(NA) et d'OMS.



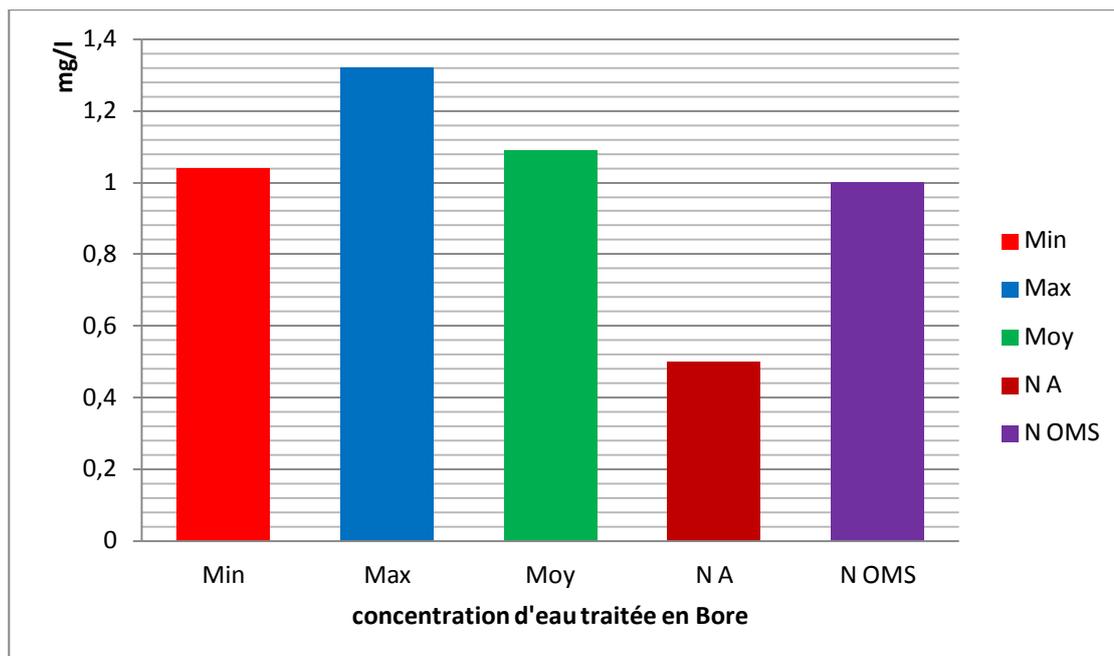
**Figure VI.17:** Concentration du magnésium dans l'eau traitée comparée aux normes algériennes(NA) et d'OMS.



**Figure VI.18 :** Concentration du chlorure dans l'eau traitée comparée aux normes algériennes(NA) et d'OMS.



**Figure VI.19:** Concentration du sulfate dans l'eau traitée comparée aux normes algériennes(NA) et d'OMS.



**Figure VI.20 :** Concentration du bore dans l’eau traitée comparée aux normes algériennes(NA) et d’OMS.

**VI.3.3.Variation des ions majeurs et le Bore :**

**VI.3.3.1.Bromate :**

Les analyses effectuées à l’aide de la chromatographie ionique ont montré que les concentrations de l’eau traitée en Bromate dans la station est inférieure à 0,10 mg/L, autrement dit elles sont dans les normes et ne dépassent pas la valeur limite maximale.

**VI.3.3.2.Nitrate et nitrite :**

Les concentrations des nitrates et des nitrites sont inférieures à 0.5 mg/L (la concentration des nitrates et des nitrites du 1<sup>er</sup> standard de calibration de la chromatographie est 0.5 mg/L).

De ce fait, ces concentrations en nitrates sont conformes aux normes de potabilité algérienne et de l’OMS qui sont toutes les deux représentées par la valeur de 50 mg/L.

Les concentrations en nitrites aussi sont conformes aux normes de potabilité algérienne et de l’OMS qui indiquent une concentration maximale admissible 0.2 mg/L.

#### **VI.3.3.3.Sodium :**

Selon les résultats obtenus, les concentrations du Sodium varient entre 132.258 et 252.464. Ces teneurs en Sodium sont élevées mais respectent les valeurs limites déterminées par les normes.

#### **VI.3.3.4.Potassium :**

La teneur en potassium pour l'eau à analyser varie entre 4.669 mg/l et 9.711 mg/l. Ces valeurs sont conformes aux normes algériennes qui recommandent une concentration maximale de 12 mg/l.

#### **VI.3.3.5.Calcium :**

Les teneurs en Calcium varient de 30.31 mg/l jusqu'à 34.36 mg/l. Ces concentrations sont conformes aussi aux directives en vigueur.

#### **VI.3.3.6.Magnésium :**

La même chose pour ce qui concerne les concentrations du Magnésium, elles sont conformes aux normes prescrites. Leurs teneurs varient entre 2.385 mg/l et 9.951 mg/l.

#### **VI.3.3.6. Chlorure :**

La teneur en chlorure pour l'eau à analyser est variée entre 204.98 mg/l et 413.794 mg/l. Les résultats obtenus sont conformes aux normes algériennes qui fixent une concentration maximale de 500 mg/l.

#### **VI.3.3.7.Sulfate :**

Les valeurs représentées dans le tableau montrent une variation des concentrations des ions sulfates entre 3.429 mg/l et 7.981 mg/l. Ces résultats sont conformes aux normes et inférieurs aux directives en vigueur.

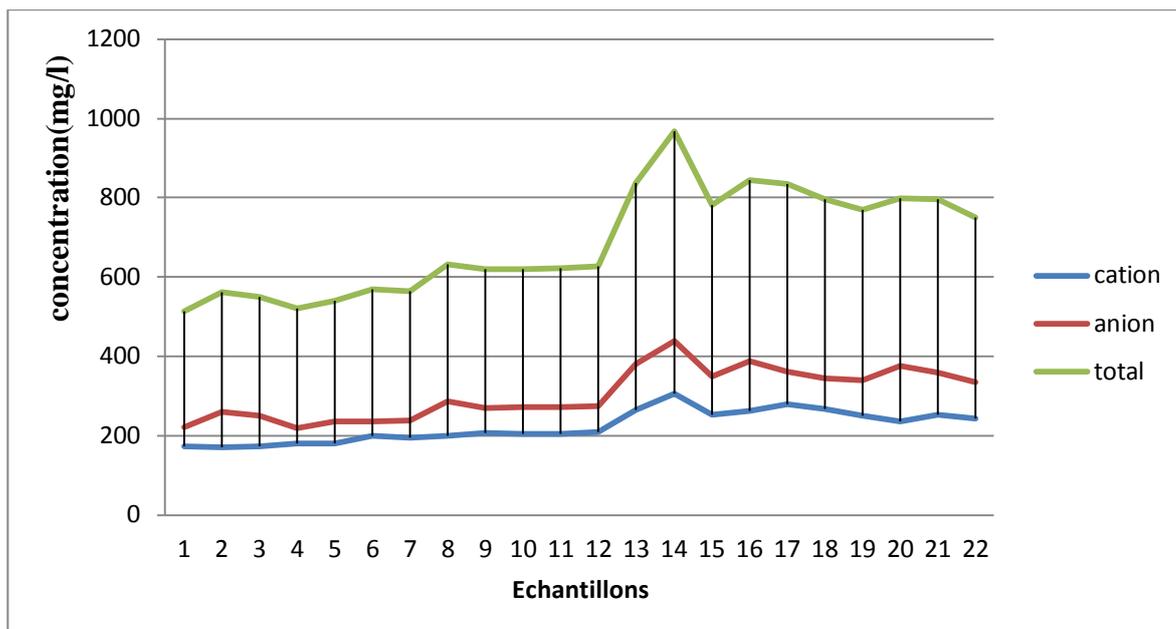
#### **VI.4.3.8. Bore :**

La concentration en Bore des échantillons analysés varie entre un minimum de 1,040 mg/l et un maximum égal à 1,321 mg/l.

Selon le contrat d'achat de l'eau, la teneur en Bore doit être inférieure à 1,3 mg/l.

Cette teneur est obtenue après un calcul de la moyenne annuelle de toutes les concentrations journalières.

Les concentrations quotidiennes obtenues dépassent les lignes directrices fixées par L'OMS en 2003 en ce qui concerne la qualité de l'eau potable (0,5 mg/l), et dépassent aussi les valeurs limites fixées par la norme Algérienne du 23/03/2011 relative à la qualité de l'eau de consommation humaine (1 mg/l). **(Tableau en annexe)**



**Figure VI.21:** La variation de concentration de l'eau traitée en (cations, anions et minéralisation totale).

**VI.3.3.9. Minéralisation pour les cations :**

Les résultats de minéralisation pour les cations de l'eau traitée sont compris entre 171.698 mg/l et 305.378 mg/l avec une moyenne de 220.366mg/l.

**VI.3.3.10. Minéralisation pour les anions :**

D'après la figure (VI.19) on remarque que les valeurs de minéralisation pour les anions sont compris entre 219.967mg /l et 439.522mg /l avec une moyenne de 305.375mg/l.

**VI.3.3.11. Minéralisation totale :**

Les résultats de minéralisation totale de l'eau traitée sont compris entre 513.942mg/l et 845.055mg/l avec une moyenne de 687.470 mg/l.

La production d'eau potable par dessalement de l'eau de mer qui utilise la technique d'osmose inverse est caractérisée par ces deux avantages :

- Une alimentation en eau potable de bonne qualité ;
- Une disponibilité permanente avec une quantité abondante.

Dans la station de dessalement de Souk Tleta, la technique de prétraitement qui est utilisée garantit le bon fonctionnement de l'équipement d'osmose inverse, la reminéralisation se fait de façon qu'elle soit conforme à la consommation humaine qui produit une eau de bonne qualité.

La station possède un laboratoire de bons équipements, les plus importants sont les appareils de chromatographie de phase liquide haute performance (HPLC) qui sont utilisés pour les analyses des ions majeurs et de bore en donnant des résultats plus précis dans un temps court.

De cette étude il en ressort que :

- ✚ Les paramètres mesurés pour l'eau de mer respectent les normes recommandées dans le contrat avec un total de solide dissous qui dépasse légèrement la valeur 38000mg/l.

En ce qui concerne les eaux traitées, on peut noter les points suivants :

- ✚ D'après les résultats des analyses organoleptiques, l'eau traitée a une bonne qualité en ne présentant ni odeur ni saveur désagréable avec une couleur limpide.
- ✚ Les teneurs en ions majeurs restent conformes aux normes algériennes et d'OMS sauf le calcium et le magnésium dont les teneurs en eau potable restent un peu faible par rapport à la valeur de guide préconisée par l'OMS.
- ✚ Les résultats obtenus des analyses physico-chimiques sont conformes aux normes algériennes et d'OMS.
- ✚ Les concentrations du Bore obtenues sont supérieures à la valeur limite fixée par les normes algériennes et celles de l'OMS qui est 1 mg/l mais elle est analogue à la norme du contrat (<1.3 mg/l).

Enfin, on peut conclure que :

L'eau produite par la station de dessalement de Souk Tleta présente une conformité aux normes de contrat entre l'Algérie et la société productrice d'eau traitée.

## ***REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES***

- [1] : HACHEMAOUI B, 2014 ; « Qualité physico-chimique de l'eau dessalée et traitée par la station de dessalement de l'eau de mer de Souk Tlata » Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master, Université de TLEMCEM.
- [2] : O.M.S, 1986 ; « Directives de qualité pour l'eau de boisson ». Vol. 3 : contrôle de la qualité de l'eau de boisson destinée à l'approvisionnement des petites collectivités. Genève.
- [3] BAZIZ N, 2008 ; « Etude sur la qualité de l'eau potable et risques potentiels sur la santé cas de la ville de Batna ,mémoire de magister », Université Colonel Elhadj Lakhdar Batna.
- [4] [www.acpoitiers.fr/math\\_sp/Pedago/CAPPHY/PHICHI.PDF](http://www.acpoitiers.fr/math_sp/Pedago/CAPPHY/PHICHI.PDF),consulté le : 12/02/2015
- [5] ALOUANE H, 2010 ; « Evaluation des teneurs en nitrates dans les sols et dans les eaux captées et émergentes en zones à vocation agricole Impact des nitrates sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine ». Mémoire de magister, Université Mentouri Constantine.
- [6] La commission locale de l'eau, 2004 ; « rendement de réseau d'eau potable, définition des termes utilisé ». Version juin 2004 ([www.sage-nappes33.org](http://www.sage-nappes33.org)).consulté le : 13/02/2015.
- [7] DERRUAU M ,2001 ; « Les formes du relief du terrestre, Notions de géomorphologie ».Paris, Armand Colin, 1969, 8<sup>ème</sup> édition, ISBN 2200210140.
- [8] KAROUT S, 2009 ;« Estimation des pertes thermiques dans des systèmes de dessalement par voie solaire » . Mémoire de Magister, Université Mentouri de Constantine.
- [9] COULIBALY K, 2005 ; « Etude de la qualité physico- chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako ». Thèse de doctorat, , Université de Bamako.
- [10] [www.cap-science.net](http://www.cap-science.net).consulté le : 31/01/2015.
- [11] DEGUMENT, (2005), Mémento technique de l'eau, Tome 1, France.
- [12] <http://www.aide.be/accueil/epuration/la-pollution-des-eaux>. Consulté le: 03/04/2015.
- [13] SAMAKE H ,2002 ; « Analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 2000ET 2001 ».Thèse pour obtenir le grade de Docteur en pharmacie, Université de Bamako, Bamako.

- [14] BECHAC.J, BOUTIN .P , 1998 ; « Traitements des eaux usées », paris, 130 p.
- [15] LOUNNAS A, 2009 ; Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station Hadi-Kroma de Skikda , Mémoire de Magister, Université du 20 Août 1955 Skikda.
- [16] VILAGINES R, 2003 ; « introduction à l'hydrologie », deuxième édition: LAVOISER, Médicales internationales et TEC & DOC.
- [17] LAGARDETTE. J, 2006 ; « l'eau potable et l'assainissement », édition : Johan et encyclopédie.
- [18] ONTARIO, 2006 ; « Document d'aide technique pour les normes, directives et objectives associés à la qualité de l'eau potable en Ontario » PIBS 4449f 01.
- [19] ALPHA S.M, 2005 ; « Qualité organoleptique de l'eau de consommation produit et distribuer par l'EDMSA dans la ville de Bamako ». Doctorat en pharmacie, université de Bamako. Bamako.
- [20] Rodier J, 1976 ; « L'analyse de l'eau, eau naturelles, eau résiduaire, eau de mer ». Ed, Dunod, paris, France.
- [21] RONALAD V, 2003 ; « Eau, Environnement et Santé Publique » ; 2ème édition, Ed TEC&DOC, PARIS.
- [22] TANDIA C, 2007 ; « Contrôle de la qualité des eaux, protocole de détermination des paramètres physico-chimique et bactériologiques, centre régional pour l'eau potable et l'assainissement à faible cout ». Centre collaborant de L'OMS, Suisse.
- [23] HCEFLCD, 2006 ; « Etude sur la pisciculture au barrage Almassira, CR dar CHAFAAI, Cercle d'ELBROUGE ». Province de Settat, 201p.
- [24] GHAZALI D, ZAID A, 2013 ; « Etude de la qualité physico-chimique et Bacteriologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri (region de Meknes-Maroc). Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 12, Janvier 2013, pp. 25-36
- [25] DEVILLERS J, SQUILBIN M, YOURASSOWSKY C, 2005 ; « Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface ». Institut bruxellois pour la gestion de l'environnement, observation des données de l'environnement L'IBGE : "l'eau à bruxelles , [http://www.ibgebim.be/uploadedFiles/Contenu\\_du\\_site/Centre\\_de\\_documentation/Fiche\\_Eau\\_02\\_FR.pdf](http://www.ibgebim.be/uploadedFiles/Contenu_du_site/Centre_de_documentation/Fiche_Eau_02_FR.pdf). Consultée le: 13/01/2015.
- [26] www. membratec .com, consulté le :12/02/2015.

- [27] RODIER. J et al, 2009 ; « L'analyse de l'eau ». 9<sup>ème</sup> Ed. Dunod. France.
- [28] Centre d'information sur l'eau, 2007 ; « Guide ressources sur le thème de l'eau ».France.
- [29] NOVA-SCOTIA, 2008 ; « Dans une goutte d'eau, Sodium, Environnement ».Canada.
- [30] KAHOUL M, 2014 ;« Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux de consommation de la ville d'Annaba ». Université Badji Mokhar, Annaba BP 12, Algérie. ; Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°19, pp. 129-138.
- [31] : SAVARY. P, 2010 ; « Guide des analyses de la qualité de l'eau ». Ed. Territorial Voiron.
- [32] Frank N,1984 ; « Manuel de l'eau ». Edition : Tee et Doc, Lavoisier.
- [33] AGATHE E et al, 2013 ; « Tout savoir sur l'eau du robinet », CNRS Edition .
- [34] BOUALEM. R, 2009 ; « Contribution à l'étude de la qualité des eaux des Barrages, Article de recherche », p 20-33.
- [35] MOUCHET P et al, 1997 ; « Rencontre technique au Mali », la société Energie du Mali et de la société Dégremont, Bamako.
- [36] CHAUSSE K et al, 2003 ; « Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine ». Ed. Institut national de santé publique, Québec.
- [37] BEHLOUL S, 2009 ; « Evaluation de la matière organique dans l'eau du barrage de Timgad ». Mémoire de magister en chimie de l'eau /dessalement et environnement, Université El Hadj Lakhdar Batna.
- [38] O.M.S (W.H.O.), WORLD HEALTH ORGANISATION, 2003 ; « Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality ». Geneva. World Health Organisation.
- [39] DERRAG Z, 2010 ; « Recherche de quelques métaux lourds chez la carpe commune (prinus carpio, L.1758) du barrage “ EL IZDIHAR DE SIDI ABDELLI (W. TLEMCEN) ». Mémoire de magister, Université de Tlemcen.
- [44] MEMOTEC N°2, 2006, L'élimination du bore dans l'eau destinée à la consommation humaine. GLS. [www.ebanque-pdf.com/fr\\_memotec-n-2-elimination-du-bore.html](http://www.ebanque-pdf.com/fr_memotec-n-2-elimination-du-bore.html) consulté le: 30/12/2014.
- [41] BOURGEOIS C.M., MESCLE J.F, 1996 ; « Microbiologie alimentaire: aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments ». Edition Lavoisier.

[42] « Guide d'interprétation du règlement sur la qualité de l'eau potable, Ministère du développement durable, de la lutte contre les changements climatiques ».juillet 2014, Québec.  
[http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/potable/reglement/guide\\_interpretation\\_RQEP.pdf](http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/potable/reglement/guide_interpretation_RQEP.pdf).  
Consulté le: 12/02/2015.

[43] BOUCHARD M, 2008 ; « Évolution temporelle et modélisation des coliformes dans une source d'eau potable ». Mémoire (M. Sc), Université de Laval. Québec.

[44] MEHANNED S, ZAID A et CHAHLAOUI A, 2014 ; « Caractérisation bactériologique du lac réservoir du barrage Sidi Chahed ». Larhyss Journal.17.  
[http://larhyss.net/pdf/journal/12/2.ghazali\\_et\\_zaid.12.pdf](http://larhyss.net/pdf/journal/12/2.ghazali_et_zaid.12.pdf) consulté le : 03/01/2015.

[45] TATA-DUCRU F, 2009 ; « Dessalement de l'eau de mer: bilan des dernières avancées technologiques; bilan économique; analyse critique en fonction des contextes ». Ed,Agro Paris Tech, France.

[46] KHIRANI S, 2007; « procédés hydrique associant a la filtration membranaire et l'absorption ». Thèse de Doctorat, Institut National des sciences appliquées de Toulouse. Toulouse.

[47] Alain M, 2006 ; « Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres et autre procédés non conventionnels approvisionnement en eau douce ».Deuxième édition, Lavoisier.

[48] Le magazine de la chronique scientifique /N<sup>o</sup> 4/Juillet-Aout 2005/ Le dessalement de l'eau de mer, PDF.

[49] BENSALÉM M ,2012 ; « Impact des station de dessalement de l'eau de mer sur le littoral cas de la station Souk Tlata » ;Projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master en Ecologie et environnement ,Université Abou Bekr Belkaid , Tlemcen.

[50] <http://culturesciences.chimie.ens.fr/content/le-dessalement-de-leau-de-mer-et-des-eaux-saumâtres-840#d0e287>consulté : 13 /02/2015.

[51] DEJARDINS R, 1997 ; « Traitement des eaux ».Edition de l'école polytechnique de Montréal, 2<sup>ème</sup> édition revue et améliorée.

[52] VALIRON F, 1989 ;«gestion des eaux : alimentation en eau d'assainissement», presses de l'école national des ponts et chaussés, Paris.

[53] : HECTOR H, 2006 « supervision et diagnostic des procédés de production d'eau potable », Thèse de Doctorat. Institut national de sciences appliquées de Toulouse.

[54] AKRETCHÉ J, 2004; « les prétraitements par membranes en dessalement » journée de formation, Tunis.

- [55] CARDOT C, 2010 ; « Les traitements de l'eau pour l'ingénieur ». Nouvelle édition, France
- [56] BERLAND J, 2002 ; « Les procédés membranaires pour le traitement de l'eau ». Document technique FNDAE N°14, Ministère de l'agriculture de l'alimentation de la pêche et des affaires rurales, Direction de l'espace rural et du foret, Office International de l'Eau SNIDE.
- [57] TANSAKUL C, 2009 ; « Procédés hybrides à membranes pour le prétraitement d'eau de mer avant dessalement par osmose inverse ». Doctorat de l'université de Toulouse, France.
- [58] [http://www.kochmembrane.com/sep\\_uf.html](http://www.kochmembrane.com/sep_uf.html), Consulté le : 03/03/2013.
- [59] [www.eduterre.ens-lyon.fr](http://www.eduterre.ens-lyon.fr). Consulté le : 03/03/2013.
- [60] MANDRI Y, 2011 ; « Etude paramétrique du procédé de dessalement de l'eau de mer par coagulation sur paroi froide ». ; Thèse de doctorat. ; Université Claude Bernard - Lyon I, France.

**Tableau A1** : Description des échantillons prélevés.

<b>Numéros des échantillons</b>	<b>Dates des prélèvements</b>	<b>Heurs des prélèvements</b>
1	29/12/2014	11 :00h
2	30/12/2014	11 :30 h
3	31/12/2014	13 :00 h
4	17/01/2015	11 :00h
5	18/01/2015	14 :00 h
6	24/01/2015	11 :00h
7	25/01/2015	11 :00h
8	26/01/2015	09 :00h
9	28/01/2015	10 :30h
10	01/02/2015	13 :45 h
11	04/02/2015	13 :15 h
12	26/02/2015	11 :00 h
13	04/03/2015	14 :30 h
14	06/03/2015	11 :00h
15	07/03/2015	15 :45 h
16	09/03/2015	08 :30 h
17	10/03/2015	11 :00 h
18	11/03/2015	10 :00 h
19	12/03/2015	11 :30 h
20	13/03/2015	11 :00 h
21	14/03/2015	15 :15 h
22	15/03/2015	11 :00 h

**Tableau A.2** : Résultats des paramètres physico-chimiques des échantillons analysés de l'eau traitée.

Echantillon	pH	Température (°C)	Alcalinité mg/l en CaCO <sub>3</sub>	TH mg/l en CaCO <sub>3</sub>	TDS (mg/l)	CE (µS/cm)	Chlore libre (mg/l)	LSI
1	8.26	18.6	62.31	88	445	873	0.27	0.05
2	8.26	18.4	60.77	91	450	883	0.34	0.05
3	8.29	18.48	62.60	92	453	875	0.32	0.10
4	8.25	17.6	63.66	93	464	910	0.38	0.05
5	8.29	17.5	61.16	87	460	902	0.4	0.04
6	8.2	17.2	63.75	97	509	998	0.42	0.01
7	8.3	17.3	64.24	91	505	991	0.4	0.08
8	8.19	17.9	63.27	90	556	1014	0.32	0.01
9	8.18	17.84	67.02	92	519	1017	0.36	0.18
10	8.2	18.43	59.81	91	539	1056	0.41	0
11	8.28	18.5	59.84	76	539	1056	0.49	0
12	8.27	17	65.97	94	605	1186	0.36	0.04
13	8.3	18.2	62.70	100	662	1298	0.27	0.06
14	8.31	17	61.35	124	788	1546	0.31	0.03
15	8.42	17.7	63.47	100	669	1256	0.32	0.08
16	8.42	17.6	61.93	100	620	1313	0.39	0.01
17	8.28	17.7	61.32	104	665	1319	0.35	0.02
18	8.23	17	60.39	99	675	1332	0.35	0.03
19	8.36	17.6	59.81	107	602	1233	0.46	0.1
20	8.29	18	63.27	105	603	1163	0.38	0.07
21	8.43	17	59.30	105	638	1233	0.26	0.1
22	8.34	17.6	61.94	100	606	1189	0.36	0.08

**Tableau A.3:** Résultats des ions majeurs et le bore des échantillons analysés de l'eau traitée.

<b>Echantillons</b>	<b>Na<sup>+</sup> (mg /l)</b>	<b>K<sup>+</sup> (mg /l)</b>	<b>Ca<sup>++</sup> (mg/l)</b>	<b>Mg<sup>++</sup> (mg/l)</b>	<b>Cl<sup>-</sup> (mg/l)</b>	<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (mg/l)</b>	<b>Bore (mg/l)</b>
1	135.35	5.166	31.492	2.385	207.018	3.429	1,088
2	132.25	4.669	32.26	2.519	246.77	3.563	1,105
3	132.258	4.909	32.590	2.693	235.56	4.531	1,133
4	140.342	5.431	32.49	2.769	204.98	3.987	1,075
5	141.375	5.44	30.31	2.634	221	3.697	1,095
6	157.133	6.662	33.079	3.437	222	3.71	1,152
7	155.251	5.958	31.971	2.641	224	3.688	1,107
8	158.67	6.196	30.513	3.340	270.254	5.543	1,112
9	162 .596	6.033	34 .933	3.522	254.543	5.257	1,243
10	163.222	6.963	30.602	3.533	257.30	4.377	1,321
11	163.222	6.954	30.533	3.589	257.33	4.37	1,179
12	193.816	7.560	31.664	3.588	259.43	4.311	1,181
13	220	7.579	32.807	4.338	359.739	9.424	1,255
14	252.464	9.711	33.252	9.951	413.794	14.728	1,146
15	207.982	8.086	32.416	4.655	331.647	6.490	1,159
16	216.845	8.520	31.829	5.048	367.856	8.945	1,144
17	231.617	8.599	34.36	5.184	342.981	8.424	1,164
18	219. 281	8.602	30.767	9.480	325.56	7.863	1,117
19	204.113	7.199	33.410	5.839	321.763	7.981	1,163
20	190.586	7.528	33.548	5.142	357.985	7.923	1,040
21	206.481	7.468	32.888	5.584	341.225	7.808	1.123
22	198.052	7.623	31.684	5.03	317.297	6.689	1.074

**Tableau A .4 :** Les résultats de la minéralisation pour les cations, anions et totale de l'eau traitée.

Echantillon	Minéralisation Pour les cations (mg/l)	Minéralisation Pour les anions (mg/l)	Minéralisation total (mg/l)
1	174.393	220.947	1.068.182
2	171.698	261.333	1.107.443
3	172.45	251.091	1.108.47
4	181.032	219.967	1.100.318
5	179.759	235.697	1.099.325
6	200.311	236.71	1.184.951
7	195.821	238.688	1.134.222
8	198.719	286.797	1.288.166
9	207.084	270.8	1.238.865
10	204.32	272.677	1.240.867
11	204.298	272.7	1.225.788
12	208.628	274.741	1.357.902
13	264.724	380.163	1.481.401
14	305.378	439.522	1.793.13
15	253.139	349.137	1.513.527
16	262.242	387.801	1.508.856
17	279.76	362.405	1.552.155
18	268.148	344.423	1.521.627
19	250.561	340.744	1.434.112
20	236.804	376.908	1.653.807
21	252.421	360.033	1.488.57
22	242.389	334.986	1.421.925

**Tableau A.5** : Lignes directrices de l'OMS 2006 en ce qui concerne qualité de l'eau potable.

Elément/ Substance	Symbole	Concentration normalement trouvée dans l'eau de surface	Lignes directrices OMS 2006
<b>Aluminium</b>	Al		0,2 mg/l
<b>Arsenic</b>	As		0,01 mg/l
<b>Baryum</b>	Ba		0,7 mg/l
<b>Béryllium</b>	Be	< 1 µ g/l	Pas de valeur guide
<b>Bore</b>	B	< 1 mg/l	0.5mg/l
<b>Cadmium</b>	Cd	< 1 µ g/l	0,003 mg/l
<b>Chlore</b>	Cl		Pas de valeur mais on peut noter un goût à partir de 250 mg/l
<b>Chrome</b>	Cr <sup>+3</sup> , Cr <sup>+6</sup>	< 2 µ g/l	chrome total : 0,05 mg/l
<b>Couleur</b>			Pas de valeur guide
<b>Cuivre</b>	Cu <sup>2+</sup>		2 mg/l
<b>oxygène dissous</b>	O <sub>2</sub>		Pas de valeur guide
<b>Fluorure</b>	F <sup>-</sup>	< 1,5 mg/l (up to 10)	1,5 mg/l
<b>Dureté</b>	mg/l en CaCO <sub>3</sub>		200 ppm
<b>Sulfure d'hydrogène</b>	H <sub>2</sub> S		0.05 à 1 mg/L
<b>Fer</b>	Fe	0,5 - 50 mg/l	Pas de valeur guide
<b>Plomb</b>	Pb		0,01 mg/l
<b>Manganèse</b>	Mn		0,4 mg/l
<b>Mercure</b>	Hg	< 0,5 µ g/l	inorganique : 0,006 mg/l
<b>Nitrate</b>	NO <sub>3</sub>		50 et 3 mg/l (exposition à court terme)
<b>Nitrite</b>	NO <sub>2</sub>		0.2 mg/l (exposition à long terme)
<b>Turbidité</b>			Non mentionnée
<b>pH</b>			Pas de valeur guide mais un optimum entre 6.5 et 9.5
<b>Argent</b>	Ag	5 – 50 µ g/l	Pas de valeur guide
<b>Sodium</b>	Na	< 20 mg/l	Pas de valeur guide
<b>Sulfate</b>	SO <sub>4</sub>		500 mg/l
<b>TDS</b>			Pas de valeur guide mais optimum en dessous de 1000 mg/l
<b>Zinc</b>	Zn		3 mg/l

**Tableau A.6:** Paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine (Journal Officiel de la république algérienne, Mars 2011).

<b>Groupe de paramètres</b>	<b>Paramètres</b>	<b>Unités</b>	<b>Valeurs limites</b>
<b>Paramètres Organoleptiques</b>	Couleur	Platine cobalt	15
	Turbidité	NTU	5
<b>Paramètres physico-chimiques</b>	Température	°C	25
	pH	-	6.5-9
	Conductivité à 20°C	µ.S/cm	2800
	Alcalinité	mg/l en CaCO <sub>3</sub>	500
	Dureté	mg/l en CaCO <sub>3</sub>	200
<b>Paramètres chimiques</b>	Calcium	mg/L en CaCO <sub>3</sub>	200
	Chlorures	mg/l	500
	Potassium	mg/l	12
	Sodium	mg/l	200
	Sulfates	mg/l	400
	Nitrates	mg/l	50
	Nitrites	mg/l	0.2
	Bore	mg/l	1
	Bromate	mg/l	10
	Chlore	mg/l	5
	Magnésium	mg/l	150

## RESUME

Ce travail a pour objectif de faire une étude expérimentale des différentes méthodes d'analyses de l'eau de mer de Souk Tleta et un suivi de l'évolution de la qualité physico-chimique de l'eau obtenue par le dessalement de l'eau de mer par la technique d'osmose inverse. Dans ce contexte, quatre échantillons de l'eau de mer et vingt-deux (22) prélèvements de l'eau traitée, ont été effectués au cours des mois décembre 2014, janvier, février et mars 2014.

Selon les résultats obtenus, l'eau produite à la station de Souk Tleta présentent une qualité physico-chimique conforme aux normes algériennes et à celles de l'OMS. Par ailleurs, les analyses chimiques, celles des ions calcium et magnésium un peu faible mais les concentrations en bore assez élevée dépassent la valeur maximale admissible recommandée par l'OMS qui est de 1mg/l.

**Mots clés :** Qualité, eau potable, méthodes d'analyses, Dessalement, Normes.

### Abstract

This work has as objectif a study of different Souk Tleta sea water analysis methods and pursue of physico-chemical quality evolution of sea water desalination got by reverse osmosis technic .in that way, four sea water samples and twenty two (22) samples of treated water were realized during a couple of months : december 2014, january, february and march 2014.

Depending of obtained results, the water produced in Souk Tleta station ,present the same physico-chemical quality and comply with Algerian and WHO standards. elsewhere, the chemical analysis those of calcium and magnesium are weak and high concentration of bore exceed the acceptable maximal value recommended by WHO wich 1mg/l.

### Keywords :

Quality, drinking water, analysis methods, desalination, standards.

### الخلاصة

الهدف من هذا العمل هو إجراء دراسة تجريبية لمختلف الطرق التحليلية لمياه بحر سوق الثلاثاء ورصد تطور النوعية الفيزيائية والكيميائية للمياه الناتجة عن تحلية مياه البحر بواسطة تقنية التناضح العكسي. في هذا السياق، أربع عينات من مياه البحر واثنتين وعشرين (22) عينة من المياه المعالجة عينت خلال أشهر ديسمبر 2014، يناير، فبراير، مارس 2015. وفقا للنتائج التي تم الحصول عليها، المياه المعالجة في محطة سوق الثلاثاء ذو جودة فيزيائية تتوافق مع المعايير الجزائرية ومع منظمة الصحة العالمية. وبالنسبة للتحاليل الكيميائية، الكالسيوم والمغنيزيوم ذو تركيز قليل ولكن تركيز البور ، مرتفع نسبيا يتجاوز الحد الأقصى المسموح به من قبل منظمة الصحة العالمية 1مغ/ل.

الكلمات المفتاحية: الجودة، مياه الشرب، وأساليب التحليل، تحلية المياه، المعايير.